

**PIANO ATTUATIVO CONFORME AL P.O. ADOTTATO
Comparto 7 - Area di trasformazione TU_C.cop1
a destinazione logistica**

5.1

Relazione geologica di fattibilità

Scala - -

PROPONENTE



Cromwell Property Group Italy S.r.l.

PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO DEL PROGETTO

The Blossom Avenue Partners

Prof. Arch. Marco Facchinetti

Urb. Marco Dellavalle

Arch. Luca De Stefani

Corso Italia 13, 20122, Milano

Tel +39 (02) 365 20482

tbapartners@pec.it

PROGETTAZIONE

Studio Tecnico di Progettazione

Arch. Paolo Ceccantii

via Casine, 3, 56035 - Casciana Terme Lari

info@studioceccantiarchitettura.it

PROGETTAZIONE

Giannoni e Associati

Arch. Paolo Giannoni

Geom. Andrea Biagi

Geom. Michele Casalini

largo P. Lotti, 9/H, 56029 - Santa Croce sull'Arno

giannoni.associati@leonet.it

GEOLOGIA, GEOTECNICA SISMICA E AMBIENTALE

Studio Lithos

Dott. Eraldo Santarnecchi

via A. Diaz, 171, 56024 - Ponte a Egola

info@studiolithos.net

IDROGEOLOGIA E INVARIANZA IDRAULICA

Dott. Ing. Silvia Lucia

via di Gello, 42/I, 56038 - Ponsacco

studiosilvalucia@gmail.com

STUDIO DEL TRAFFICO E ACUSTICA

TEA consulting

Ing. Massimo Moi

via G. B. Grassi, 15, 20157 - Milano

moi@territorioambiente.com

PROGETTAZIONE DEL PAESAGGIO E DEL VERDE

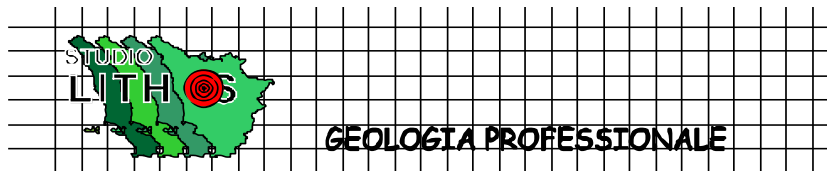
Studio Architettura Paesaggio di Luigino Pirola

Dott. Arch. Paesagg. Luigino Pirola

Via Piave 1 24040 - Bonate Sopra (BG)

info@studioarchitetturapaesaggio.it

Aggiornamento febbraio 2023



COMUNE DI CASCIANA TERME - LARI - (Pisa)

PIANO ATTUATIVO COMPARTO 7 DENOMINATO
"AREA DI TRASFORMAZIONE TU_C.COPI" NEL
PIANO OPERATIVO ADOTTATO

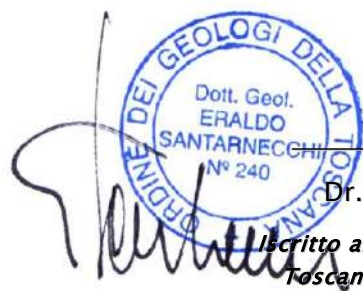
LOC. PERIGNANO, VIA SICILIA

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

(D.P.G.R. 30 GENNAIO 2020 N. 5/R)

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| COMMITTENTE: | CROMWELL PROPERTY GROUP ITALY S.R.L. |
| GEOLOGO: | DR. GEOL. ERALDO SANTARNECCHI |
| COLLABORATRICE: | DOT.SSA GEOL. CINZIA LOCCI |
| DATA: | GIUGNO 2022 |

IL GEOLOGO



Dr. Geol. Eraldo Santarnecki

*iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione
Toscana con numero di riferimento 240*

Dr. ERALDO SANTARNECCHI - Geologo

Via Armando Diaz, 171 - 56024 PONTE A EGOLA (PI)
Tel: 0571/485277 - cell: 348-3884941 e-mail: info@studiolithos.net
pec: e.santarnecki@pec.geologitoscana.net

SOMMARIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 2 | INQUADRAMENTO | 6 |
| 2.1 | Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico | 6 |
| 3 | CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL D.P.G.R. 25 OTTOBRE 2011, N. 53/R)..... | 7 |
| 4 | RISCHIO SISMICO | 9 |
| 4.1 | Categorie del suolo di fondazione | 10 |
| 4.1.1- | Metodologia sismica Down - Hole..... | 13 |
| 4.1.2- | Indagine eseguita, acquisizione ed elaborazione dati | 16 |
| 4.1.3- | Risultati..... | 17 |
| 5 | CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).20 | |
| 5.1 | Carta della Pericolosità Geologica | 20 |
| 5.2 | Carta della Pericolosità da alluvione | 20 |
| 5.3 | Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale | 21 |
| 6 | STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO | 22 |
| 7 | CONSIDERAZIONI IDRAULICHE..... | 23 |
| 8 | PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI INTERVENTI IN PROGETTO | 27 |
| 9 | CONCLUSIONI..... | 28 |

1 PREMESSA

Nella presente relazione di Fattibilità si riferisce di uno studio geologico – tecnico di supporto al P.A. Comparto 7 denominato “Area di Trasformazione TU_C.cop1” nel Piano Operativo Adottato in Loc. Perignano, Via Sicilia, nel Comune di Casciana Terme Lari (PI) (vedi corografia di figura 1 allegata).

Nello specifico, il progetto prevede la realizzazione di un edificio a destinazione d’uso logistica sul Comparto 7 rinominato “Area di Trasformazione TU_C.cop1” nel PO adottato.

Come meglio osservabile negli elaborati progettuali, il progetto prevede la realizzazione di un edificio destinato ad attività di logistica, con relativi piazzali, viabilità e parcheggi pubblici con aree a verde (vedi planimetria generale di figura 13 allegata), oltre alla realizzazione di opere esterne al Comparto, nello specifico:

- nuova viabilità dalla rotatoria in testa di Via Sicilia per collegarsi alla nuova viabilità pubblica interna al perimetro del P.A.
- Nuova viabilità per collegare la nuova strada pubblica ad Est con Via Sicilia
- Opere idrauliche per la messa in sicurezza dell’intera area, ivi inclusi i Comparti dei P.A. circostanti
- Rifacimento di una parte di Via Sicilia

Per una migliore comprensione, il comparto TU.C_cop1 è stato denominato “1° PA”.

Dopo un inquadramento di carattere geomorfologico ed idraulico dell’area d’intervento e di un suo congruo intorno, viene illustrata la ricostruzione geostratigrafica resa possibile attraverso due diverse campagne geognostiche eseguite in sito, nello specifico:

1) la prima campagna geognostica è stata realizzata a supporto del Piano Particolareggiato Attuativo – Comparto 7 in data marzo 2019, ed ha visto la realizzazione di (vedi loro ubicazione nella Figura A):

- n.1 sondaggio geognostico spinto ad una profondità dal p.c. di – 32 m (vedi log stratigrafico di figura B) realizzato a carotaggio continuo sino a -10.0 m di profondità, ed a distruzione tra -10.0 m e -32.0 m; durante tale sondaggio fu eseguita una prova dinamica in foro SPT alla profondità di -5.0 m dal p.c. (vedi allegato 1). Il foro è stato successivamente attrezzato per l'esecuzione di un'indagine sismica in foro Down-Hole.
- n. 4 prove penetrometriche statiche spinte sino a -10.0 m di profondità dal p.c. (vedi allegato 2).
- Al fine di individuare la categoria sismica di suolo e quindi la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, fu realizzata un'indagine sismica all'interno del foro del sondaggio S1 effettuato (indagine sismica Down – hole).
- N. 1 indagine di sismica passiva a stazione singola (vedi allegato 3).

2) la seconda campagna geognostica, ancora in corso di completamento, ha visto la realizzazione di ulteriori prove indagative integrative all'interno del comparto TU.C_cop1; nello specifico, sono stati realizzati (vedi planimetria di figura 13 allegata):

- n.1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto sino alla profondità di -35.0 m dal p.c., attrezzato di tubo piezometrico per la misurazione monitoraggio del livello di falda (vedi log stratigrafico di figura 12 allegata). Durante l'avanzamento del sondaggio sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio, ed eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche in foro SPT.
- n. 4 prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità di -20.0 m dal p.c..
- n. 1 tomografia sismica con onde P/SH+Masw+HVSR per la caratterizzazione sismica dei terreni e per la determinazione della categoria di suolo in ottemperanza alle NTC 2018.

L'elaborazione delle prove dinamiche in foro SPT , delle prove penetrometriche statiche, e dell'indagine sismica è ancora in corso di completamento.

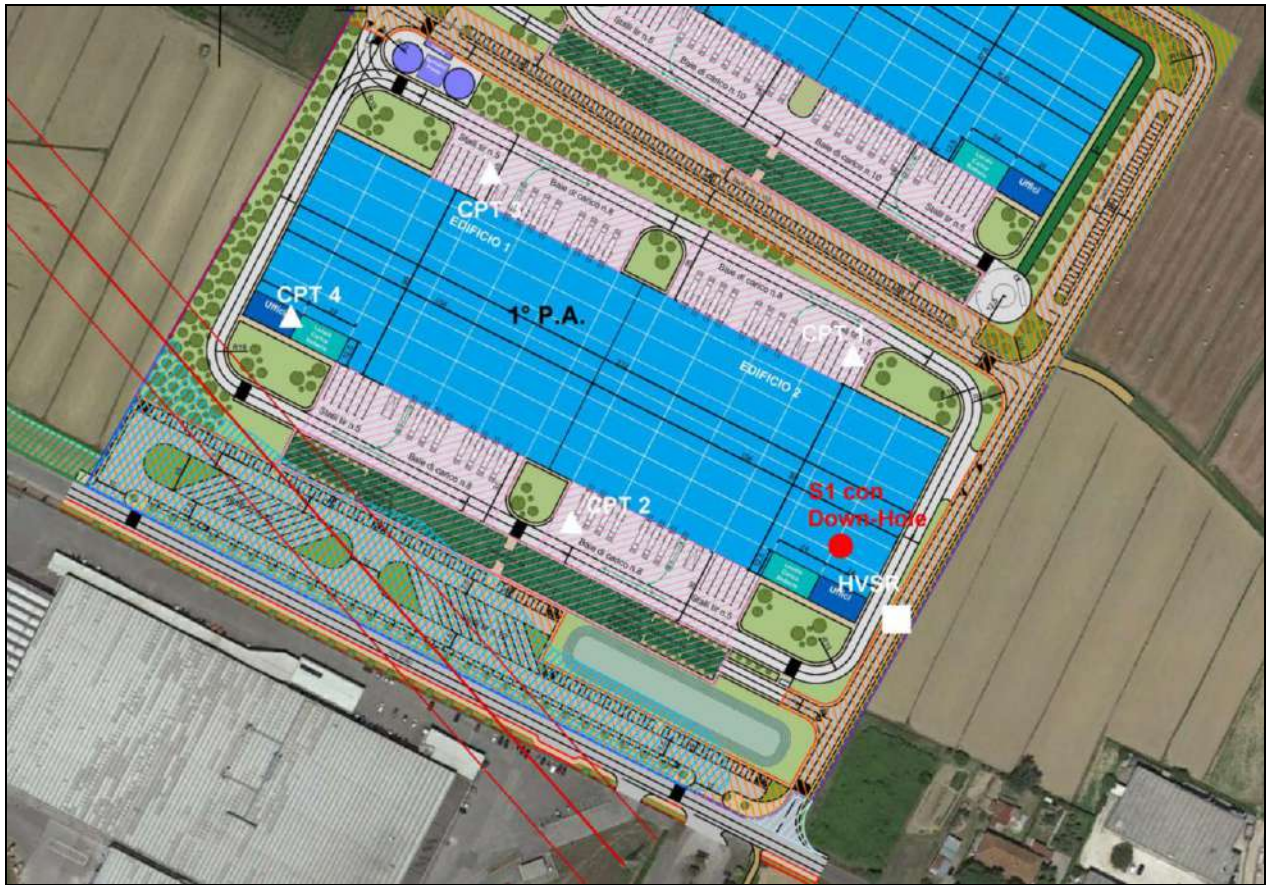


Figura A. indagini geognostiche e sismiche eseguite all'interno del 1° P.A. in data Marzo 2019

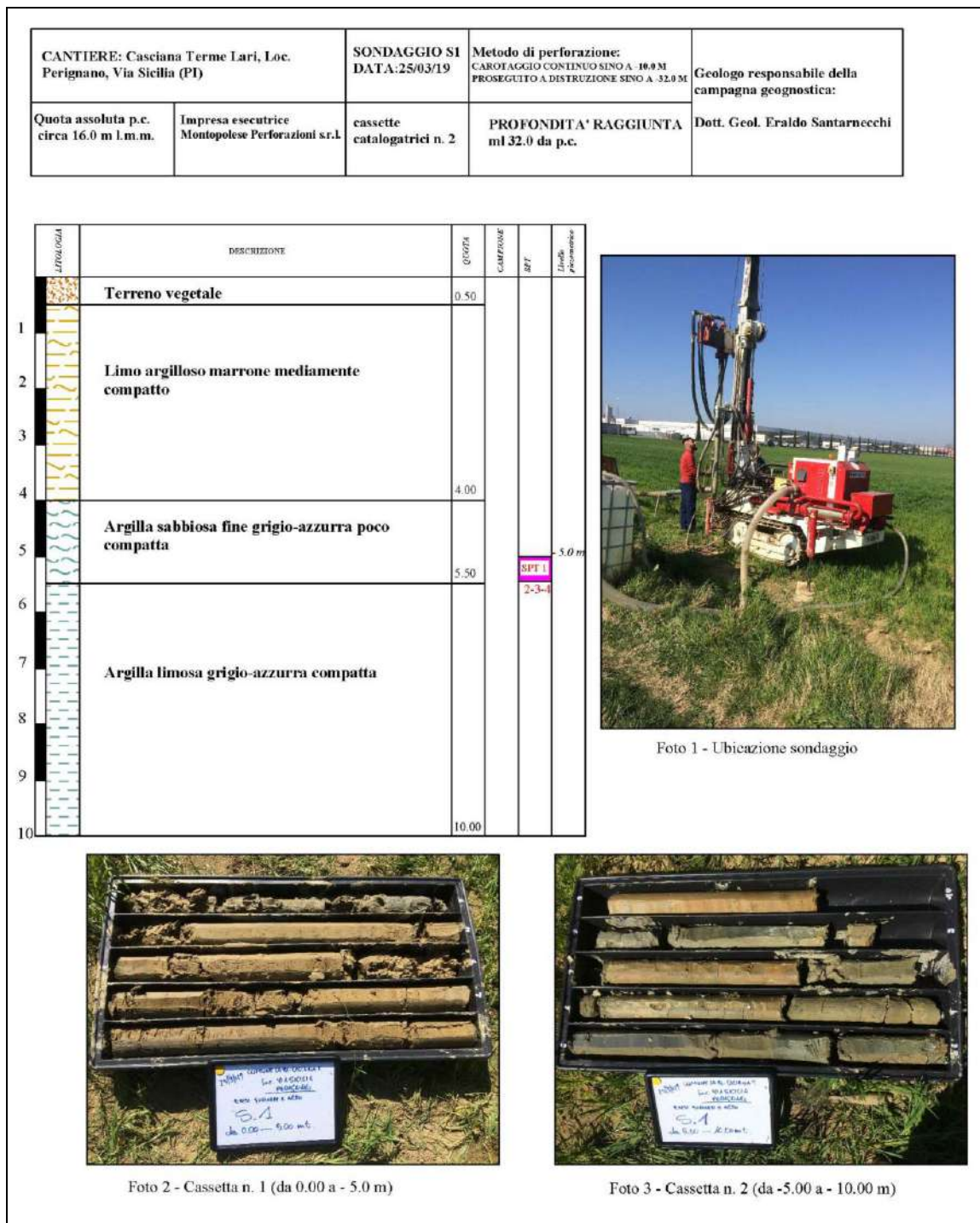


Figura B: log stratigrafico sondaggio S1 – Marzo 2019.

Si riporta inoltre l'inquadramento dell'area di intervento in termini di Pericolosità e Fattibilità secondo gli strumenti urbanistici attualmente in vigore (elaborati di supporto al Piano Strutturale Comunale redatto ai sensi del DPGR 53/R-2011) sulla base di uno studio di Microzonazione Sismica di Livello 1, e l'inquadramento dell'area in termini di Pericolosità secondo il nuovo DPGR 5/R-2020.

Infine, verranno date indicazioni per la realizzazione degli interventi previsti dal Piano Attuativo anche alla luce della L.R. 41/2018.

2 INQUADRAMENTO

2.1 Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico

L'area interessata dall'intervento in progetto si colloca in Loc. Perignano lungo Via Sicilia, ad una quota media sul l.m.m. di circa +16.0 m, come emerso dal rilievo plano-altimetrico di dettaglio eseguito sul sito in esame e come confermato anche dall'analisi morfologica eseguita sul rilievo Lidar della Regione Toscana (vedi corografia di figura 1).

Per quanto riguarda la stabilità, trattandosi di un'area pianeggiante, nell'immediato intorno della zona in esame non si rilevano situazioni di particolare pericolosità che possano influenzare, o essere influenzate, dagli interventi in progetto.

L'idrografia superficiale è costituita da una serie di fossette campestri aventi direzione Nord-Est/Sud-Ovest confluenti nel Fosso della Palazzetta ubicato lungo Via Sicilia, fosso non censito in corrispondenza dell'area in esame all'interno del reticolo idrografico e di gestione disposto dalla LR 79/2012, adeguato con Delibera 899/2018.

Nel contesto territoriale delineato la geologia di superficie è costituita da depositi alluvionali recenti misti limo argillosi e limo sabbiosi di età olocenica (vedi figura 2 allegata).

Le indagini condotte in sito hanno permesso di riconoscere la presenza, dopo un primo spessore di terreno vegetale, di depositi prevalentemente coesivi entro i primi 16.0 m di profondità, seguiti da depositi più sabbiosi sino alla profondità di - 32.50 m; al di sotto, sono state intercettate argille grigie (vedi log stratigrafico sondaggio di figura 12 allegata).

Durante l'esecuzione della 1° campagna geognostica condotta in sito (Marzo 2019) NON fu rilevata presenza di acqua all'interno del foro del sondaggio e delle prove penetrometriche, mentre dalla 2° campagna geognostica (Giugno 2022) la lettura eseguita all'interno del piezometro installato nel foro del sondaggio ha rilevato la presenza di un livello piezometrico attestato ad una quota di -3.80 m dal p.c.

3 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ SECONDO GLI STRUMENTI URBANISTICI ATTUALMENTE IN VIGORE (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL D.P.G.R. 25 OTTOBRE 2011, N. 53/R).

Gli elaborati di supporto al Piano Strutturale Comunale redatti ai sensi del DPGR 53/R-2011 inseriscono l'area in esame nelle seguenti classi di Pericolosità:

- **Pericolosità Geomorfologica media – G.2** (vedi figura 4 allegata) comprendente le aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

- **Pericolosità Idraulica :**

Classe di Pericolosità Idraulica molto elevata – I.4 (area destinata a parcheggio pubblico), comprendente le aree interessate da allagamenti per eventi con $Tr \leq 30$ anni;

Classe di Pericolosità Idraulica elevata – I.3 (parte dell'area edificabile, dei piazzali e della viabilità intorno al Lotto), comprendente le aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $30 < Tr \leq 200$ anni;

Classe di Pericolosità Idraulica media – I.2 (restante parte dell'area edificabile, dei piazzali e della viabilità intorno al Lotto) , comprendente le aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra $200 < TR < 500$ anni.

- Classe di **Vulnerabilità idrogeologica media – 3a** (vedi figura 8) corrispondente a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo

grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricadono nelle aree di pianura le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra 15 e 30 giorni.

• **Classe di Pericolosità Sismica Locale media – S.2** (vedi figura 5 allegata – Zona Mops 17) comprendente le zone suscettibili di amplificazioni locali che non rientrano tra quelli previsti per la Classe di Pericolosità Sismica S.3.

In seguito alla consultazione delle mappe di piano e rischio di alluvioni predisposte per il **P.G.R.A.** del bacino dell'Arno, nel Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, individuato nell' art. 64 del D.L. 152/2006, è stato possibile constatare che l'area in esame ricade prevalentemente all'interno di una zona contrassegnata da Classe di **Pericolosità da alluvione media P2**, corrispondente ad area inondabile da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni (vedi figura 7 allegata); la parte Sud lungo Via Sicilia ricade, invece, nella **Classe di pericolosità da alluvione elevata P3**, corrispondente ad area inondabile da eventi con tempo di ritorno ≤ 30 anni.

Facendo riferimento all' art. 9 comma 1 della Disciplina di Piano della Unit of Management (P.G.R.A.) nelle aree a P2 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4 della Disciplina di Piano.

Nelle aree P2 l'Autorità di Bacino si esprime sugli interventi di cui al comma 2 dell'art. 9 in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone.

Facendo riferimento all' art. 7 comma 1 della Disciplina di Piano della Unit of Management (P.G.R.A.) nelle aree a P3 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi 2 e 3.

Nelle aree P3 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di cui al comma 2 dell'art. 7 in merito alla compatibilità degli stessi con il

raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone.

4 RISCHIO SISMICO

Il territorio del Comune di Casciana Terme Lari, classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982, in seguito all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 e successivamente con Deliberazione GRT n. 878 del 8 Ottobre 2012 della Regione Toscana, viene inserito nella zona sismica 3 alla quale corrisponde un'accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, di $0.15 a_g/g$.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e successive NTC 2018, invece, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi "stati limite" presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di intervento, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in un detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. In base a quanto riportato nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR, legato alla "vita nominale" dell'edificio in progetto VN ($VR = VN \times C_u$ dove C_u è il coefficiente d'uso legato alla categoria dell'edificio), e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con un livello di precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti:

- a) in corrispondenza dei punti di un reticolo ("reticolo di riferimento") i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo $\leq 0,05^\circ$;

- b) per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadendo in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;
- c) in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico sul sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PVR.

a_g = accelerazione massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il valore di a_g viene desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dall' INGV, mentre F_o e TC^* vengono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e della morfologia di superficie (con la determinazione della categoria di sottosuolo specifica del sito e dei coefficienti di amplificazione topografica ST e stratigrafica Ss).

4.1 Categorie del suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le

proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC (vedi tabella 1) , si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove ovvero, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propaga-zione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{I=1,N} h_i/V_{s_i}}$$

In cui H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, ottenendo pertanto la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{I=1,N} h_i/V_i}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $< 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori; $NSPT$, c_u e V_s sono i valori rappresentativi degli strati considerati.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

| CATEGORIA | DESCRIZIONE |
|-----------|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s. |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s. |
| E | Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Tabella 1

Nel caso specifico per l'individuazione della categoria di suolo e quindi per l'individuazione del parametro V_{s30} è stata appositamente eseguita un'indagine sismica all'interno del foro del sondaggio S1 realizzato in sito (indagine Down – hole) durante la prima campagna geognostica del Marzo 2019, da integrare con i

risultati della tomografia sismica eseguita durante la 2° campagna indagativa nel mese di Giugno 2022.

4.1.1- Metodologia sismica Down - Hole

La prova sismica Down-Hole consiste nella misurazione del tempo di percorso delle onde di compressione (onde P) e di taglio (onde S) nel tragitto tra la sorgente sismica posta in superficie ed i ricevitori posti all'interno di un foro di sondaggio opportunamente predisposto (vedi figura I).

Il terreno viene energizzato in superficie ad una distanza di circa 1,50 m dalla testa del foro attraverso una mazza battente.

Il sistema di acquisizione è formato, nel caso specifico, da una sonda costituita da 5 geofoni da 10 Hz di cui uno orientato lungo la direzione verticale e quattro orientati orizzontalmente in modo da garantire la lettura dei primi arrivi in ogni condizione.

Tale sistema di acquisizione, quindi, è in grado di registrare simultaneamente sui 5 canali distinti le tracce provenienti dai 5 geofoni orientati.

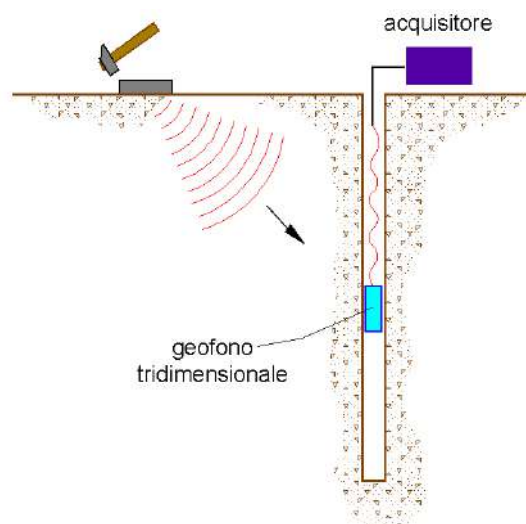


Figura I – Schema down hole ad un solo ricevitore

Energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo delle onde P ed S ai geofoni, si ha la possibilità di determinare la velocità delle onde sismiche nei litotipi attraversati dalla perforazione nonché i moduli elastici dei terreni.

L'energizzazione dunque genera onde elastiche longitudinali (P) e trasversali (S) che si propagano in tutte le direzioni; in particolare le onde longitudinali (figura II) si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità (K) o compressibilità volumetrica (E_v), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che dal modulo di rigidità detto anche modulo di taglio (G) e dalla densità (ρ):

$$V_p = \sqrt{\frac{E_v + 4G/3}{\rho}}$$

Le onde trasversali (figura II) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità o di taglio (G):

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

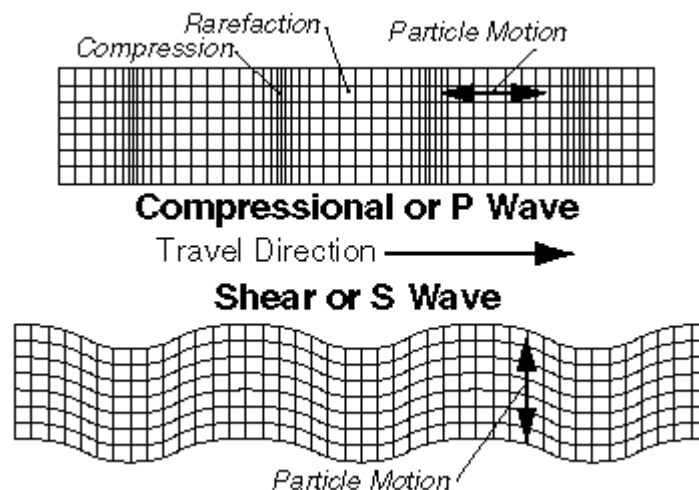


Figura II - Rappresentazione grafica della direzione di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde longitudinali P (direzione di

oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda) e onde di taglio S (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda)

Onde di compressione e di taglio sono quindi caratterizzate da diverse velocità di propagazione; attraverso lo studio dei tempi di percorso di tali onde e quindi della velocità, si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nell'area di indagine.

Note le velocità V_p e V_s che vengono ottenute direttamente tramite le misure acquisite durante lo svolgimento della prova sismica, possono essere ricavate alcune proprietà meccaniche, quali:

1) coefficiente di Poisson medio:

$$\nu_{\text{medio}} = 0.5 \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1}$$

2) modulo di deformazione a taglio medio:

$$G_{\text{medio}} = \rho V_s^2$$

3) modulo di compressibilità edometrica medio:

$$E_{\text{dmedio}} = \rho V_p^2$$

4) modulo di Young medio:

$$E_{\text{medio}} = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

5) modulo di compressibilità volumetrica medio:

$$E_{\text{vmedio}} = \rho \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

4.1.2- Indagine eseguita, acquisizione ed elaborazione dati

L'indagine eseguita è stata condotta in data Aprile 2019 all'interno del foro del sondaggio S1 realizzato all'interno dell'area del 1° P.A. e spinto ad una profondità dal p.c. locale di – 32 m (vedi figure A e B). Tale foro è stato successivamente attrezzato calando all'interno un tubo in PVC di 3 pollici di diametro e cementando adeguatamente l'intercapedine tra perforo e tubo.

L'indagine è stata eseguita mediante un sismografo SARA Do.Re.Mi. collegato ad una sonda equipaggiata con n. 5 geofoni da 10 Hz orientati secondo direzioni ortogonali (n. 1 geofono verticale e n. 4 geofoni orizzontali).

La generazione delle onde di compressione è stata ottenuta battendo in senso verticale una piastra di alluminio con un martello da 4.0 Kg; mentre per la generazione delle onde di taglio SH è stata utilizzata una trave in legno con doppia piastra di battuta. Per evidenziare l'arrivo delle onde S tale trave è stata colpita lateralmente prima in un senso e poi nell'altro in modo da ottenere onde di taglio opposte nel medesimo istante.

Nel caso specifico è stata eseguita una prospezione con acquisizione dei segnali ad intervalli di profondità di 2.0 m.

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con programmi specifici ed i dati sono stati interpretati attraverso il metodo diretto correggendo i tempi di tragitto (t) misurati lungo il percorso sorgente-ricevitore per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde.

Se “d” è la distanza della sorgente dall'asse del foro (figura III), “r” la distanza fra la sorgente e i sensori, “z” la profondità di misura è possibile ottenere i tempi corretti (t_{corr}) mediante la seguente formula di conversione:

$$t_{\text{corr}} = \frac{z}{r} t$$

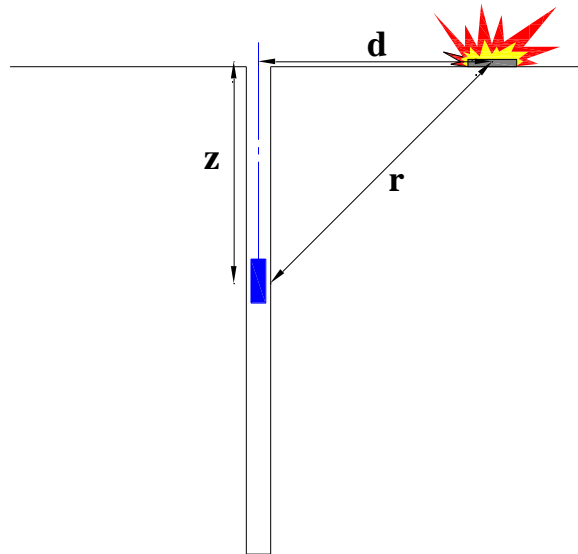


Figura III – Schema di down hole con metodo diretto

Calcolati i tempi corretti sia per le onde P che per le onde S si realizza il grafico $t_{corr} - z$ in modo che la velocità media delle onde sismiche in strati omogenei di terreno è rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali.

Ottenute le velocità si calcolano la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di deformazione a taglio, il modulo di compressibilità edometrica, il modulo di Young, il modulo di compressibilità volumetrica per ogni intervallo con le formule riportate nel precedente paragrafo oltre che la velocità media di propagazione delle sole onde di taglio.

4.1.3- Risultati

Di seguito vengono riportati in forma grafica e numerica i dati ottenuti con l'indagine eseguita.

Dati iniziali

| Offset scoppio [m] | Numero di ricezioni | Posizione primo geofono [m] | Interdistanza [m] |
|--------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1.5 | 16 | 2 | 2 |

Dati misure down hole

| Registrazioni Nr. | Z [m] | Tp [msec] | Ts [msec] |
|----------------------|----------|--------------|--------------|
| 1 | 2.00 | 7.30 | 15.00 |
| 2 | 4.00 | 7 | 22.60 |
| 3 | 6.00 | 8.20 | 39.70 |
| 4 | 8.00 | 9.60 | 53.00 |
| 5 | 10.00 | 12.20 | 66.50 |
| 6 | 12.00 | 13.60 | 70.40 |
| 7 | 14.00 | 15.00 | 82.50 |
| 8 | 16.00 | 18.00 | 91.20 |
| 9 | 18.00 | 21.00 | 100.20 |
| 10 | 20.00 | 22.60 | 106.00 |
| 11 | 22.00 | 22.6 | 113.00 |
| 12 | 24.00 | 23.80 | 118.30 |
| 13 | 26.00 | 25.00 | 123.60 |
| 14 | 28.00 | 26.10 | 129.00 |
| 15 | 30.00 | 27.30 | 134.20 |
| 16 | 32.00 | 28.50 | 139.50 |

Risultati

| SR [m] | Tpcorr [msec] | Tscorr [msec] |
|-----------|------------------|------------------|
| 2.5000 | 5.8400 | 12.0000 |
| 4.2720 | 6.5543 | 21.1610 |
| 6.1847 | 7.9552 | 38.5147 |
| 8.1394 | 9.4356 | 52.0922 |
| 10.1119 | 12.0650 | 65.7643 |
| 12.0934 | 13.4950 | 69.8564 |
| 14.0801 | 14.9146 | 82.0305 |
| 16.0702 | 17.9214 | 90.8018 |
| 18.0624 | 20.9275 | 99.8539 |
| 20.0562 | 22.5367 | 105.7031 |
| 22.0511 | 22.5477 | 112.7383 |
| 24.0468 | 23.7537 | 118.0696 |
| 26.0432 | 24.9585 | 123.3948 |
| 28.0402 | 26.0626 | 128.8153 |
| 30.0375 | 27.2659 | 134.0326 |
| 32.0351 | 28.4687 | 139.3470 |

Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m

VS30: 224.39 m/s

Sismostrati con metodo diretto

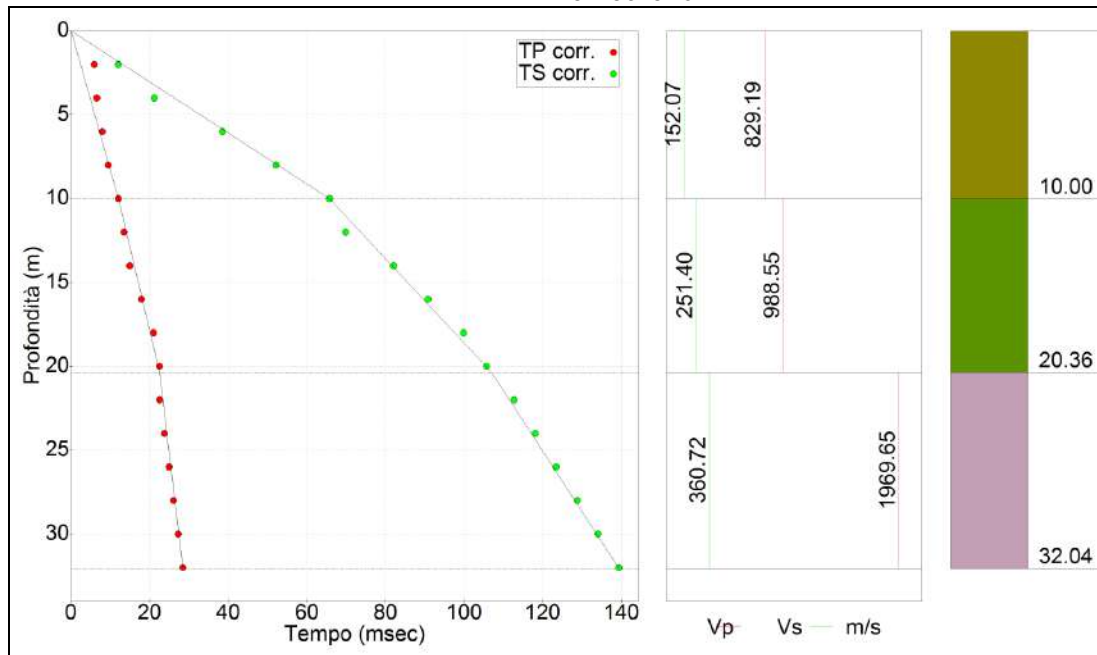
| Descrizione [-] | Profondità [m] |
|-------------------------|-------------------|
| Limo argilloso-sabbioso | 10 |
| Argilla limosa | 20.36 |

| | |
|---------------|-------|
| Sabbia e limo | 32.04 |
|---------------|-------|

Valori medi

| Vp medio [m/s] | Vs medio [m/s] | g medio [kN/mc] | ni medio | G medio [MPa] | Ed medio [MPa] | E medio [MPa] | Ev medio [MPa] |
|-------------------|-------------------|--------------------|----------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 829.19 | 152.07 | 16.7 | 0.48 | 39.38 | 1170.83 | 116.77 | 1118.32 |
| 988.55 | 251.4 | 18.67 | 0.47 | 120.3 | 1860.19 | 352.59 | 1699.79 |
| 1969.65 | 360.72 | 19.96 | 0.48 | 264.83 | 7895.98 | 785.29 | 7542.88 |

Dromocrone



Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate nelle tabelle sopra esposte è possibile ottenere il valore di Vs30 calcolato secondo la formula:

$$Vs\ 30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m di riferimento dal piano di imposta delle fondazioni.

I risultati ottenuti individuano un valore di Vs30 pari a **224.39 m/s** al quale corrisponde una categoria di suolo sismico di tipo **C** così come indicato nella tab. 3.2.II del D.M. 17/01/18.

5 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL DPGR 30 GENNAIO 2020 N. 5/R).

Come previsto dall'allegato A punto C (Direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche) del DPGR 5/R-2020, sono state prodotte una serie di cartografie, in scala di dettaglio, che illustrano la pericolosità dell'area in esame secondo i criteri dettati dal DPGR stesso. In particolare, è stata caratterizzata l'area interessata dagli interventi previsti dal Piano Attuativo, in termini di pericolosità geologica, pericolosità da alluvione, e pericolosità sismica locale.

Nei paragrafi seguenti vengono indicati i criteri utilizzati per la redazione delle cartografie prodotte.

5.1 Carta della Pericolosità Geologica

La carta della Pericolosità Geologica (figura 9) è stata redatta facendo riferimento alle classi di pericolosità geologica indicate in allegato A, punto C1 del D.P.G.R. 5/R-2020.

La pericolosità indicata, per l'area in esame, è stata valutata sulla base di sopralluoghi in sito, della campagna geognostica eseguita e tenendo conto delle classi di pericolosità indicate dal P.S. Comunale.

All'area in oggetto è stata assegnata una classe di **Pericolosità Geologica media (classe G.2)** comprendente le aree con elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

5.2 Carta della Pericolosità da alluvione

La carta della Pericolosità da alluvioni (figura 10) è stata redatta facendo riferimento alle classi di pericolosità indicate al punto C.2 dell'allegato A del D.P.G.R. 5/R-2020.

Secondo quanto dettato dalla LR 41/2018, la zona in esame ricade nelle **aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti P2** così come definite dall'art. 2 comma 1 lettera e) della LR 41/2018, e corrisponde ad aree inondabili da aventi per tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni.

La porzione Sud del Comparto destinata a parcheggio e parte della viabilità esterna ricadono, invece, nelle **aree a pericolosità per alluvioni frequenti P3**, corrispondenti ad aree inondabili da aventi per tempo di ritorno minore/uguale a 30 anni.

Una ridotta porzione del settore Nord del Comparto, nonché il tratto iniziale del ramo stradale esterno da realizzare per il collegamento della viabilità Nord del Comparto con la rotatoria posta ad Ovest su Via Sicilia vengono inserite, invece, nelle aree a pericolosità per alluvioni rare P1.

Per i particolari e prescrizioni sulla messa in sicurezza idraulica e sul non aggravio delle condizioni di pericolosità nelle aree limitrofe ai sensi della L.R. 41/2018, fare completo riferimento alla relazione idraulica redatta dall'Ing. Silvia Lucia ed a quanto riportato nel capitolo 7.

5.3 Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale

L'area in esame è stata distinta in base alle caratteristiche di Pericolosità Sismica Locale tenendo conto delle classi indicate dal D.P.G.R. 5R/2020 di cui al punto C.3.

L'indagine di sismica passiva a stazione singola eseguita in sito in data Luglio 2020 nella prima campagna indagativa e riportata in allegato 3 NON ha individuato un picco di frequenza F_0 di risonanza significativo tale da evidenziare un contrasto di impedenza sismica.

Anche le misure tromometriche eseguite nelle vicinanze a supporto dello studio di MS di Livello 1 del P.S. Comunale non hanno rilevato picchi di frequenza significativi (vedi Carta Mops e report delle indagini geofisiche nell'Allegato 1 – database delle indagini geognostiche ai sensi del DPGR 53/R-2011).

Pertanto, alla luce delle indagini condotte sul sito (sondaggi geognostici, prove penetrometriche, indagine sismica Down-Hole e misura HVSR) , all'area di indagine è stata attribuita una **classe di Pericolosità Sismica Locale media (S2)** comprendente zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S3.

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite e relative alle n. 2 campagne geognostiche eseguite a supporto della fase di fattibilità potranno essere utilizzate nella fase successiva di realizzazione dell'intervento diretto, previa verifica del numero delle verticali di indagine e della corretta indagine del volume geotecnico significativo alla luce della tipologia di fondazione in progetto e dei carichi agenti (classe di indagine n. 4 ai sensi del DPGR 1/R-2022).

6 STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Come già accennato in premessa, ai fini della caratterizzazione specifica dei terreni presenti nell'area in esame, sono state eseguite le seguenti indagini:

Campagna di indagine di Marzo 2019 (vedi figura A)

- n.1 sondaggio geognostico spinto ad una profondità dal p.c. di – 32 m (vedi log stratigrafico di figura B) realizzato a carotaggio continuo sino a -10.0 m di profondità, ed a distruzione tra -10.0 m e -32.0 m; durante tale sondaggio fu eseguita una prova dinamica in foro SPT alla profondità di -5.0 m dal p.c. (vedi allegato 1). Il foro è stato successivamente attrezzato per l'esecuzione di un'indagine sismica in foro Down-Hole.
- n. 4 prove penetrometriche statiche spinte sino a -10.0 m di profondità dal p.c. (vedi allegato 2).

Campagna di indagine di Giugno 2022 (vedi figura 13 allegata) – ancora in corso di completamento

- n.1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto sino alla profondità di -35.0 m dal p.c., attrezzato di tubo piezometrico per la misurazione monitoraggio del livello di falda (vedi log stratigrafico di figura 12 allegata). Durante l'avanzamento del sondaggio sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio, ed eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche in foro SPT.
- n. 4 prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità di -20.0 m dal p.c.

L'elaborazione delle prove dinamiche in foro SPT , delle prove penetrometriche statiche, e della tomografia sismica è ancora in corso di completamento.

Dalle stratigrafie ricostruite durante l'avanzamento dei sondaggi a carotaggio continuo è emersa la presenza di depositi coesivi limoso-argillosi e argilloso-limosi sino a -16.0 m di profondità, seguiti da sabbie più o meno limose con presenza di ghiaia sino alla profondità di -32.5 m; al di sotto, è stata intercettata nuovamente argilla sino alla profondità di 35.0 m indagata dal nuovo sondaggio geognostico realizzato.

Durante l'esecuzione della seconda campagna geognostica di Giugno 2022 il livello piezometrico si attesta ad una quota di -3.80 m dal p.c.

7 CONSIDERAZIONI IDRAULICHE

Per la definizione della fattibilità degli interventi ai sensi della LR 41/2018, è stato provveduto alla determinazione della magnitudo idraulica.

La quota media del p.c. attuale, come emerso dal rilievo plano-altimetrico di dettaglio eseguito in sito e come confermato dall'analisi della morfologia derivante dal rilievo LIDAR , risulta pari a +16.0 m.

Dalla carta dei battenti di supporto al P.S. Comunale di figura 6 allegata si evince che l'area è soggetta ad un battente duecentennale compreso tra 0.1 e 0.40 m.

Per la definizione della magnitudo idraulica si è proceduto ad un confronto tra il rilievo plano-altimetrico di dettaglio realizzato in sito con le quote DTM estrapolate da rilievo Lidar, sovrapponendo le celle di allagamento della piena duecentennale della fossa Nuova sulle aree di progetto e confrontando la quota altimetrica della cella di allagamento con la cella adiacente o prossima non interessata da fenomeni di allagamento.

Da tale analisi è emerso che le celle di allagamento presentano un battente massimo di 30 cm, ed un battente medio di 18 cm.

Combinando il dato del battente (altezza < 50 cm) con il dato di velocità estrapolato dalla carta delle velocità del P.S. Comunale (velocità < 1 m/sec), si ottiene una **magnitudo moderata** così come definita dalla LR 41/2018.

Per i particolari, fare completo riferimento alla relazione idraulica redatta dall'Ing. Silvia Lucia.

La quota di sicurezza per il rischio idraulico duecentennale è stata stabilita adottando un franco di sicurezza di 30 cm sulla quota media del battente; alla luce di una quota media del terreno di +16.0 m slm e di un battente medio di 18 cm, **la quota di sicurezza risulta pari a +16.48 m slm.**

- La realizzazione della edificazione e dei piazzali risulta consentita nel rispetto di quanto indicato all' **Art. 11 comma 2 della LR 41/2018**: *“nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c)”,* nel rispetto di quanto dettato dal comma 1 dell'Art. 16 della LR medesima (interventi edilizi al di fuori del territorio urbanizzato).

Secondo la lettera **c)** *“opere di sopraelevazione, senza aggravio delle condizioni di rischio in altre aree”,* il piano di calpestio del Comparto in progetto e dei relativi piazzali dovrà essere collocato ad una **quota minima di +16.48 m.**

- La realizzazione del parcheggio previsto nell'area a Sud ricadente nella Classe di pericolosità da alluvione frequente P3 risulta consentita secondo quanto indicato all' **Art. 13 comma 4 punto b) della LR 41/2018**, riferito alle aree a pericolosità per alluvioni frequenti o poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, l'intervento risulta consentito *“a condizione che sia assicurato il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, che non sia superato il rischio medio R2 e che siano previste le misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali”.*

L'adozione di misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali non risulta necessaria con l'imposta del parcheggio a quota superiore a quella del battente (+16.30 m considerando un battente massimo di 30 cm).

In caso contrario, dovranno essere previsti accorgimenti necessari per limitarne l'uso e consentirne la rapida evacuazione in caso di evento alluvionale; tali

parcheggi dovranno quindi essere inseriti nel Piano di Protezione Civile. All'ingresso dovrà essere posizionata adeguata segnaletica stradale che informi in riferimento alle possibilità di allagamento ed al divieto di lunga sosta e, in caso di allerta meteo, dovrà esserne impedito l'accesso attraverso dispositivi di regolazione con semaforo, sbarra e display informativi, così come riportato all'interno della Scheda Norma dell'Area TU_C.cop1.

Nel rispetto delle indicazioni della LR 41/2018, il rischio medio R2 viene generalmente fissato in circa 20-30 cm.

Nel caso di un parcheggio deve essere garantita la possibilità di spostare l'automobile e di consentire ad una persona di poterla raggiungere; il battente medio calcolato (18 cm) e la velocità di transito della piena inferiore a 0,2 m/sec consentono ad una persona di poter transitare nel parcheggio senza il rischio di cadere. Per poter spostare un'automobile è necessario che la lama d'acqua non raggiunga un livello tale da poter raggiungere la quota inferiore del tubo di scappamento.

- Per quanto riguarda la viabilità circostante al Lotto, essa ricade nelle aree a pericolosità poco frequenti P2.

Tali interventi risultano soggetti alle disposizioni di cui all' **Art. 16 comma 4 della L.R. 41/2018**: *“nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzate nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c)”*.

Su indicazioni forniteci, per motivi logistici anche la viabilità circostante al Lotto verrà sopraelevata ad una quota superiore rispetto a quella di sicurezza pari a +16.48 m.

Il settore Nord-Ovest della viabilità presenta, invece, una quota di +16.27 m inferiore a quella di sicurezza; poichè tale area ricade nella Classe di pericolosità da alluvioni P1 (vedi figura 10 allegata), non risulta soggetta alle disposizioni sopra riportate.

- Infine, il tratto iniziale del nuovo ramo stradale di raccordo al Comparto ricade nelle aree a pericolosità da alluvioni bassa P1, mentre il tratto rimanente nelle aree a pericolosità poco frequenti P2, con un tratto centrale inserito nelle aree a pericolosità frequenti P3 (vedi figura 10 allegata).

La parte ricadente nelle aree a P2 risulta soggetta alle disposizioni di cui all' Art. 16 comma 4 della L.R. 41/2018: *“nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzate nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c)”*.

La parte ricadente nelle aree a P3 risulta soggetta alle disposizioni di cui all' Art. 13 comma 1 della L.R. 41/2018: *“nuove infrastrutture a sviluppo lineare e relative pertinenze possono essere realizzate nelle aree a pericolosità per alluvioni frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, comma 1, lettere a), b) o c)”*.

Dal rilievo LIDAR la rotatoria esistente, ricadente in aree a P2, è posta ad una quota di circa +15.0 m, mentre la quota del p.c. attuale nella parte terminale del ramo stradale di raccordo al Comparto, ricadente in aree a P1, è pari a circa +15.5 m.

Trattandosi di un ramo di raccordo tra il Comparto (settore Nord-Ovest posto in area a P1) e la rotatoria esistente (posta in area a P2), ed essendo tale ramo stradale interessato da diversi gradi di pericolosità lungo il suo sviluppo, la realizzazione dell'intero tratto stradale in sicurezza non risulta fattibile per ovvi motivi logistici (sopraelevazione). I Progettisti dovranno pertanto collocare il nuovo tratto stradale alla quota di sicurezza consentita sulla base delle pendenze di progetto e delle quote del p.c. attuale nella parte di raccordo con la rotatoria, e delle quote di progetto nel settore Nord-Ovest del Comparto dal quale si diramerà la strada medesima.

Per tali motivi, si prescrive l'adozione di misure preventive atte a regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali quali sirene di allarme e idonea cartellonistica o, in alternativa, prevedere la chiusura della strada in caso di allerta alluvione.

Per il non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, è stato messo a punto un progetto che consente di realizzare in condizioni di sicurezza idraulica le opere previste sul Comparto 7 e sui comparti limitrofi nell'area compresa tra il tracciato della Fossa Nuova e la Via Sicilia, traslando le acque di tracimazione della Fossa Nuova verso un'area di accumulo in fregio al Fosso Girotta (realizzazione di nuovi canali di scolo ubicati nelle Zone F5 previste nell'area per il drenaggio delle acque verso il Fosso Girotta su cui sono previste opere idrauliche per il suo adeguamento, come riportato nella Scheda Norma).

Per i particolari sul non aggravio delle condizioni di rischio in altre aree, sul dimensionamento dei canali di scolo, delle volumetrie da compensare e delle volumetrie di immagazzinamento sia dei canali di scolo che dell'area di accumulo in fregio al Fosso Girotta, fare completo riferimento alla relazione idraulica redatta dall'Ing. Silvia Lucia.

Il progetto prevede, inoltre, la gestione delle acque di pioggia ordinarie, per evitare fenomeni di ristagno nella vasca di compenso.

Per i particolari, fare completo riferimento alla relazione idraulica redatta dall'Ing. Silvia Lucia.

8 PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Alla luce dei risultati delle indagini geognostiche condotte sul sito e della definizione delle Classi di Pericolosità di appartenenza ai sensi del D.P.G.R. 5/R-2020, si possono esprimere le seguenti considerazioni:

- L'area interessata dal progetto risulta caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di terreno pedologico di 0.80 m di spessore caratterizzato da disomogenee caratteristiche fisico-meccaniche, da oltrepassare per l'imposta delle strutture di fondazione.
- Come descritto al capitolo 7, gli interventi risultano consentiti dalla LR 41/2018 predisponendo opere di sopraelevazione a condizione che non si verifichi aggravio di rischio nelle aree contermini, ammettendo la gestione

del rischio medio R2 nelle aree a parcheggio. Per i particolari, fare completo riferimento alla relazione idraulica redatta dall'Ing. Silvia Lucia.

- Per garantire l'invarianza idraulica a seguito dell'impermeabilizzazione dei suoli, il progetto prevede la realizzazione di volumi di laminazione tali da trattenere le portate in eccesso rispetto alla situazione attuale; per i particolari, fare completo riferimento alla relazione idraulica redatta dall'Ing. Silvia Lucia.

9 CONCLUSIONI

La presente relazione di Fattibilità geologica è stata redatta a supporto del P.A. Comparto 7 denominato "Area di Trasformazione TU_C.cop1" nel Piano Operativo Adottato in Loc. Perignano, Via Sicilia, nel Comune di Casciana Terme Lari (PI) (vedi corografia di figura 1 allegata).

Si è proceduto ad un inquadramento dell'area oggetto di intervento in termini di Pericolosità Geologica, pericolosità da alluvioni e Pericolosità Sismica Locale sulla base di quanto dettato dal D.P.G.R. 5/R-2020 (Regolamento di attuazione dell'art. 104 della Legge Regionale 10 Novembre 2014 n. 65 contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche).

All'area in esame sono state attribuite le seguenti classi di Pericolosità:

- Classe di Pericolosità Geologica G.2 media
- Classi di pericolosità da alluvioni P2, P3 e P1
- Classe di Pericolosità Sismica Locale S.2 media

Alle condizioni e nei limiti sopra esposti, gli interventi previsti dal P.A. risultano fattibili dal punto di vista geologico – tecnico, sismico ed idrologico - idraulico.

Ponte a Egola, Giugno 2022

Dott. Geol. Eraldo Santarnecki



The image shows a blue circular professional stamp of the Dott. Geol. Eraldo Santarnecki, registered with the Ordine dei Geologi della Toscana (No. 240). The stamp is partially obscured by a handwritten signature in black ink.

ALLEGATI

- **Fig. 1** - Corografia (scala 1:10.000).
- **Fig. 2** – Stralcio della carta geologica (scala 1:5.000). Tratto dal P.S. Comunale.
- **Fig. 3** - Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011 (scala 1:10.000). Tratto dal P.S. Comunale.
- **Fig. 4** - Stralcio Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011 (scala 1:5.000). Tratto dal P.S. Comunale.
- **Fig. 5** - Stralcio Carta della Pericolosità Sismica Locale ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011 (scala 1:5.000). Tratto dal P.S. Comunale.
- **Fig. 6** - Stralcio Carta dei Battenti idraulici per eventi con $T_r = 200$ anni (scala 1:5.000). Tratto dal P.S. Comunale.
- **Fig. 7** – Piano di gestione del rischio Alluvioni – Pericolosità Idraulica (scala 1:5000) – Autorità di bacino del fiume Arno.
- **Fig. 8** - Stralcio Carta della Vulnerabilità Idrogeologica (scala 1:5.000). Tratto dal P.S. Comunale.
- **Fig. 9** – Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:5000).
- **Fig. 10** – Carta della Pericolosità da alluvioni ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:5000).
- **Fig. 11** – Carta della Pericolosità Sismica Locale ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:5000).
- **Fig. 12** – Stratigrafia sondaggio S.P. 35 m .
- **Fig. 13** – Planimetria generale con ubicazione nuove indagini geognostiche e sismiche (scala 1:2000).

- **Allegato 1** – Elaborazione prova penetrometrica dinamica in foro SPT (Marzo 2019).
- **Allegato 2** – Elaborati prove penetrometriche statiche (Marzo 2019).
- **Allegato 3** – Relazione tecnica indagine sismica passiva a stazione singola (Luglio 2020).

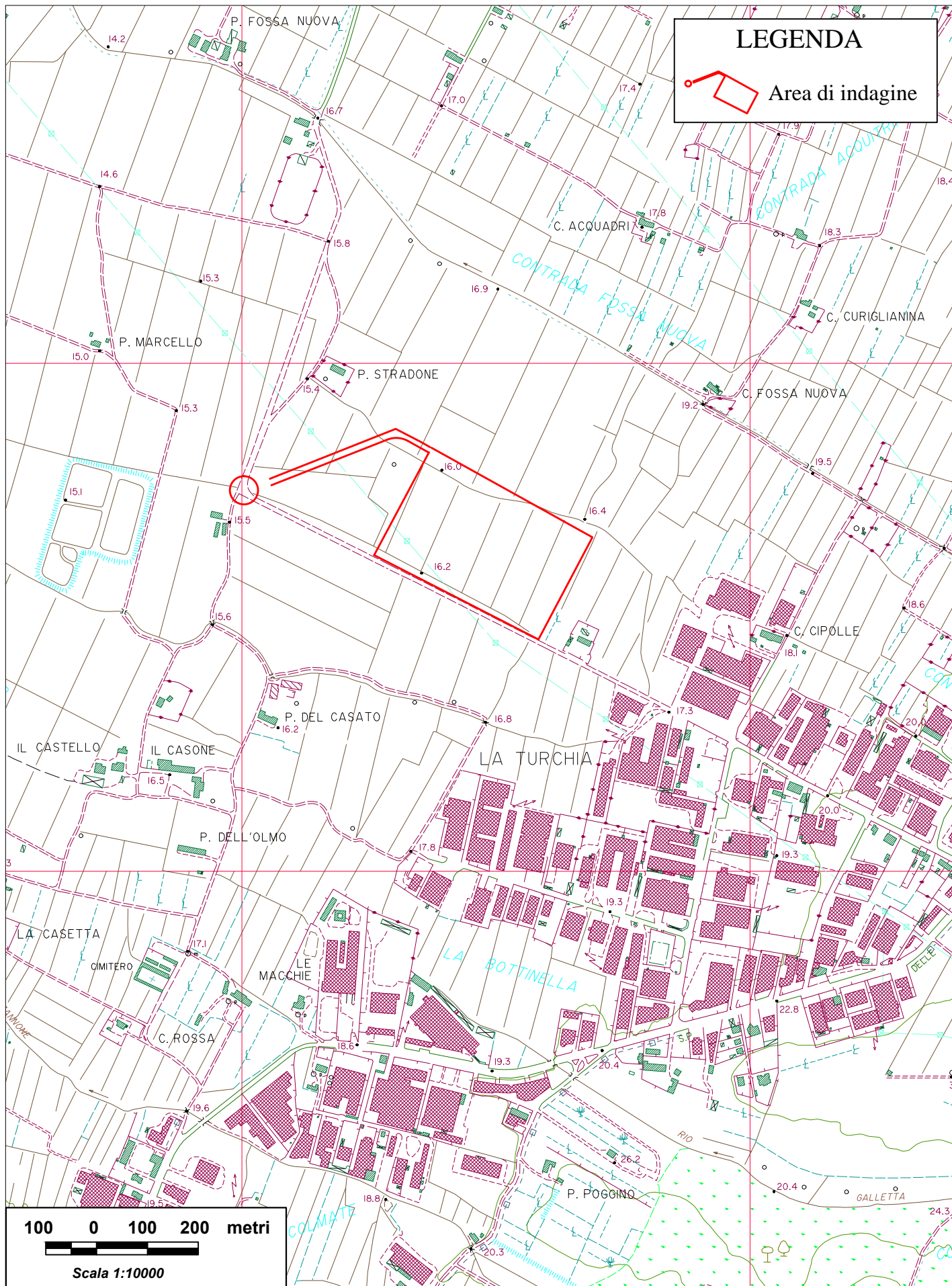


Figura 1- COROGRAFIA

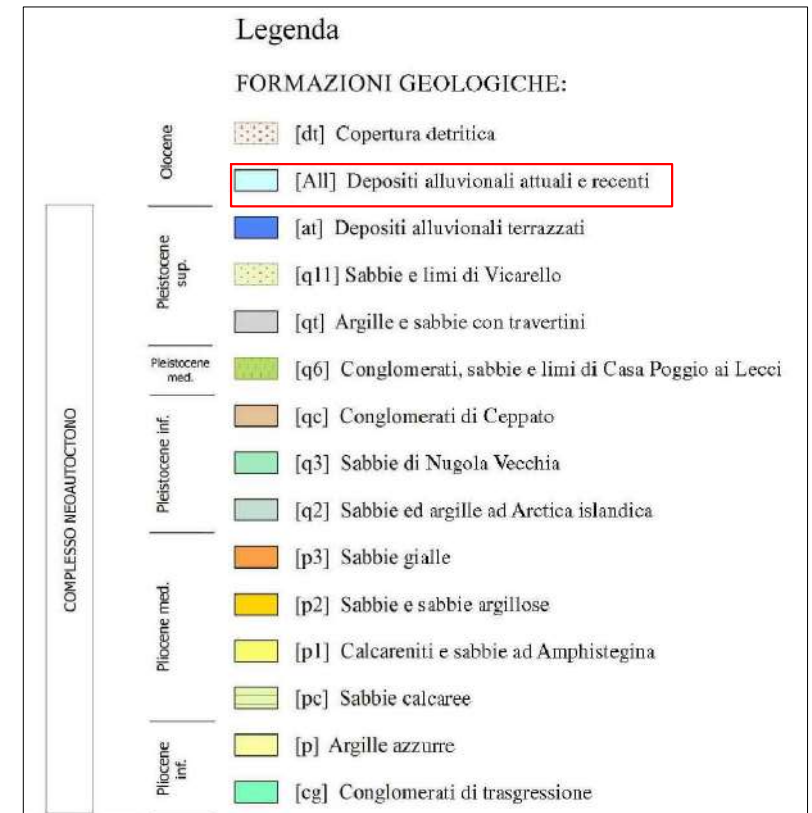
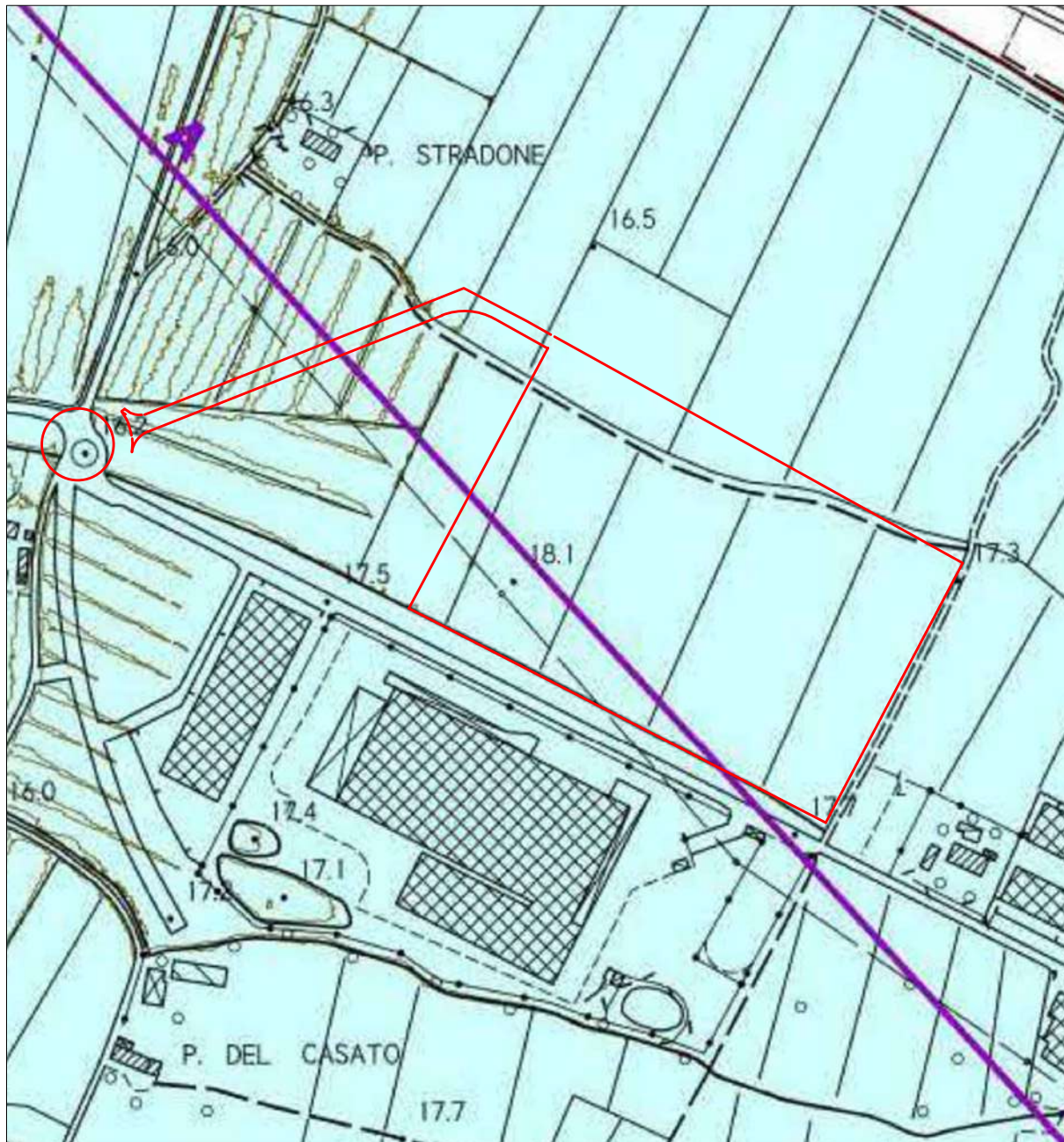


FIGURA 2: Carta Geologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. Comunale (scala 1:5000)

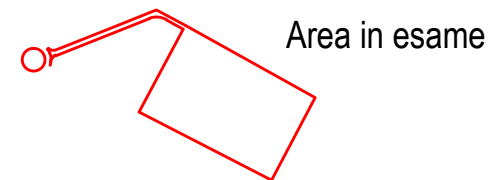
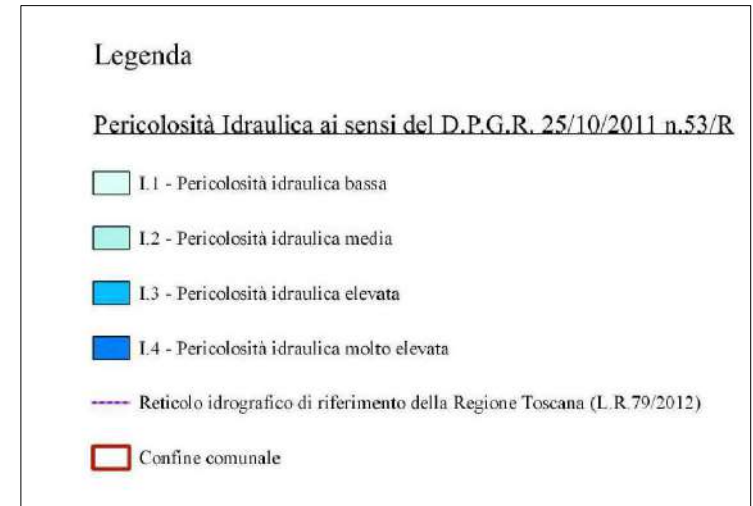
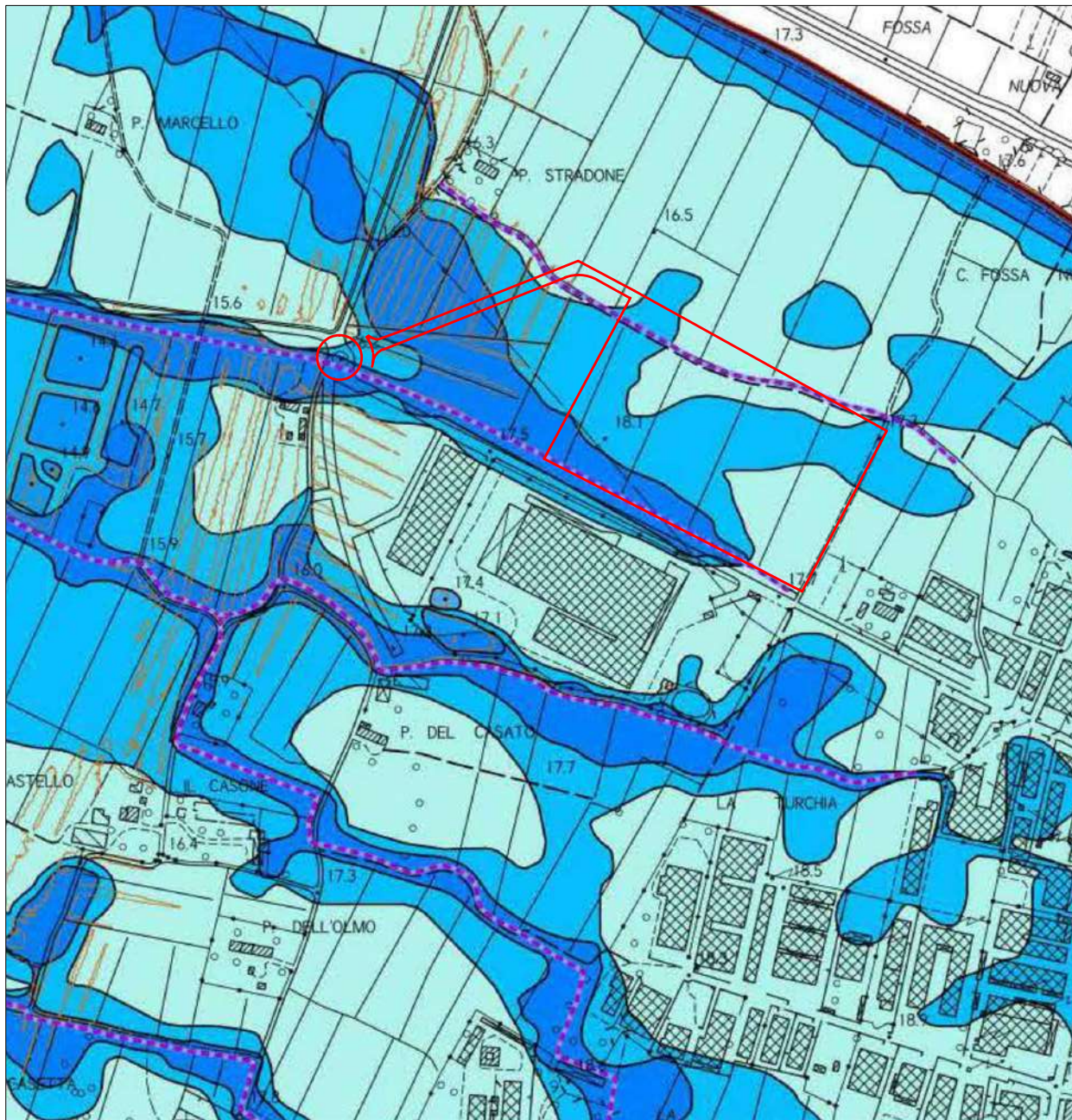


FIGURA 3: Carta della Pericolosità Idraulica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. Comunale (scala 1:10000)

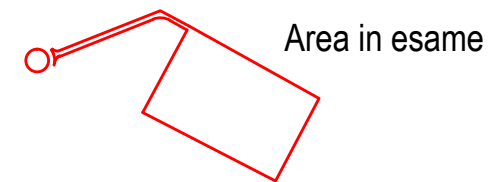
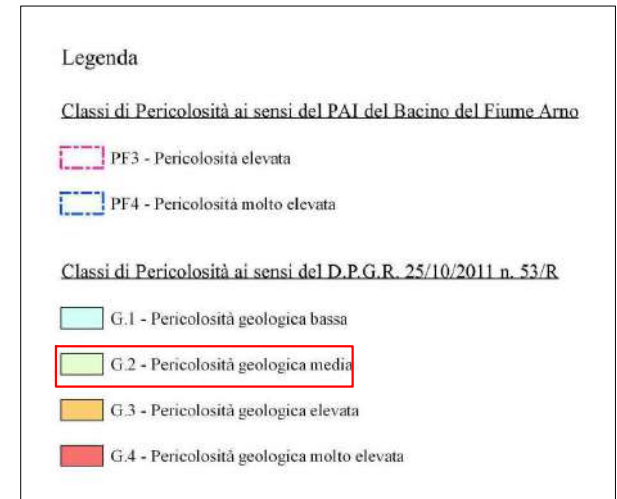
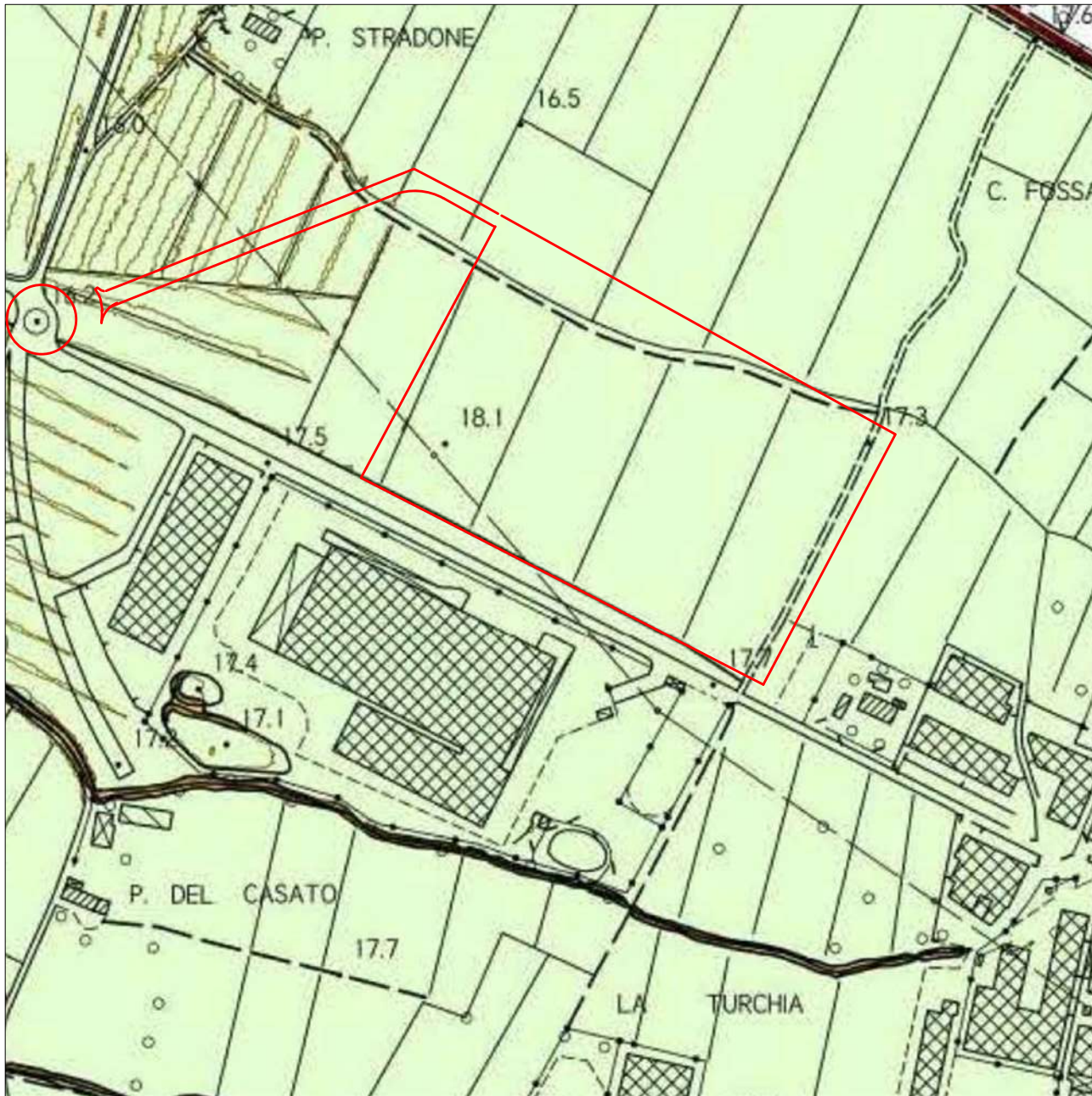
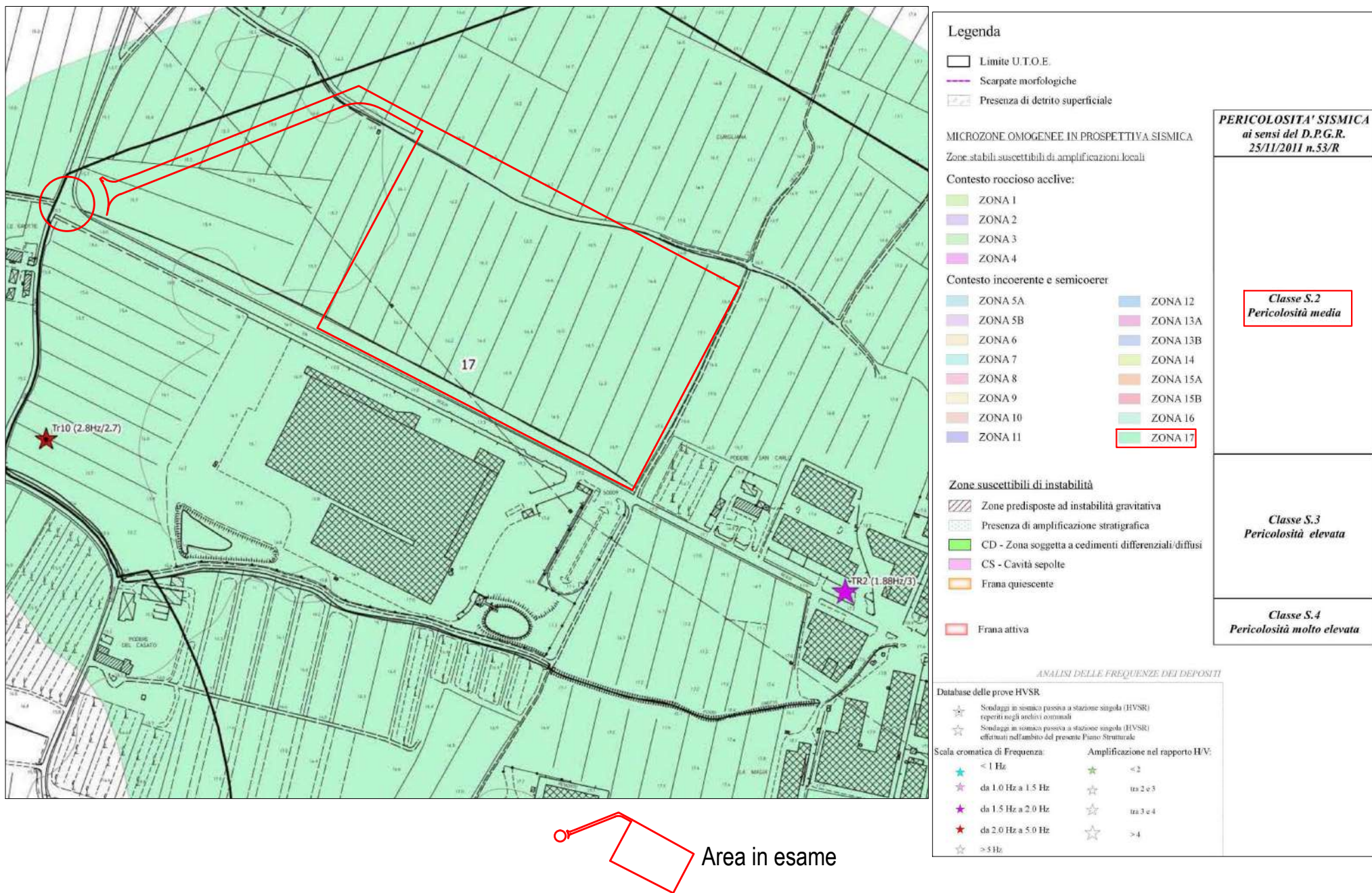
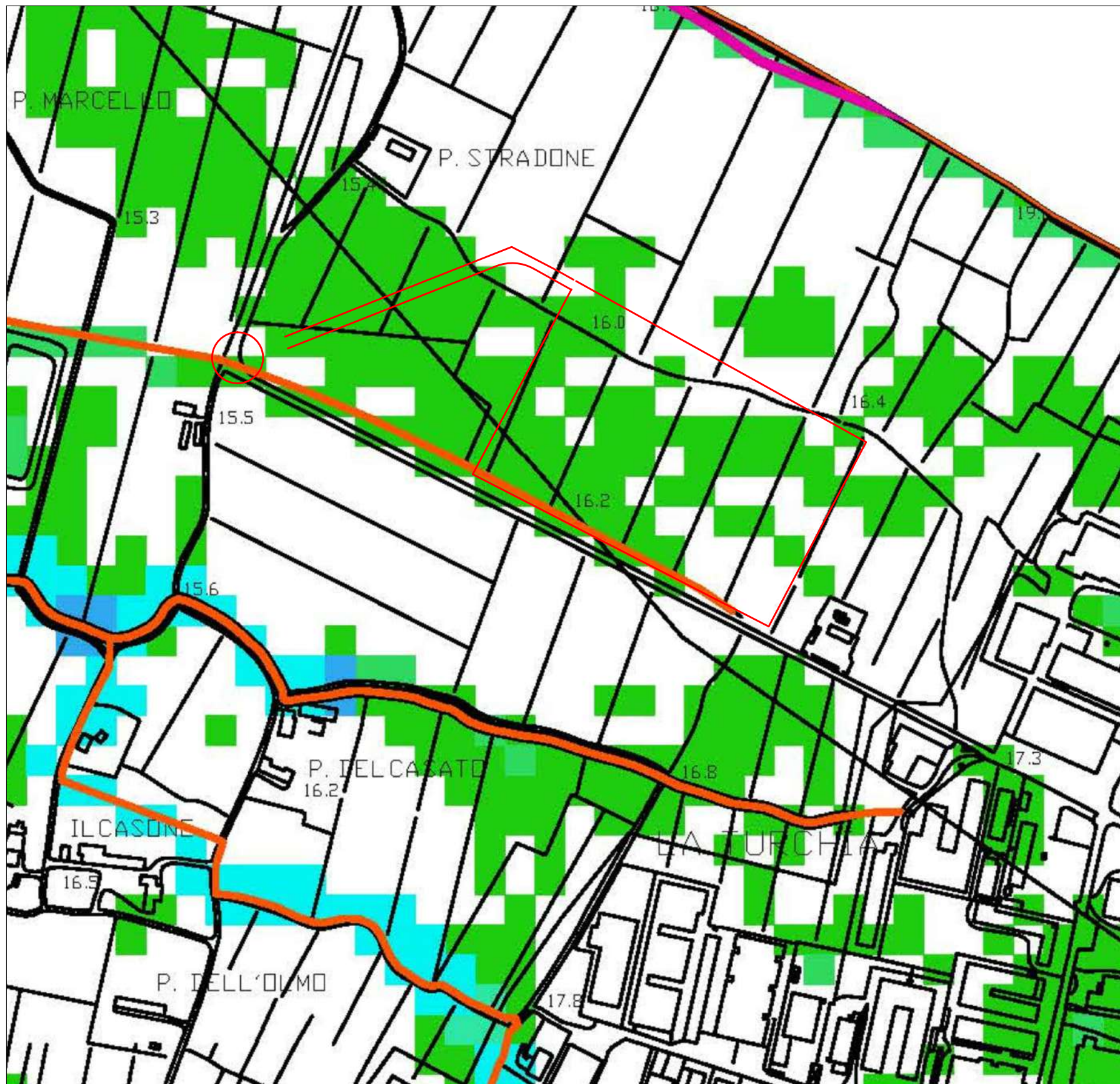


FIGURA 4:Carta della Pericolosità Geologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. Comunale (scala 1:5000)

FIGURA 5:Carta della Pericolosità Sismica Locale - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. Comunale (scala 1:10000)





Battenti200

BATT

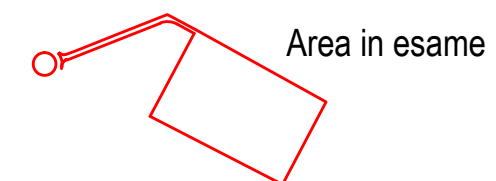
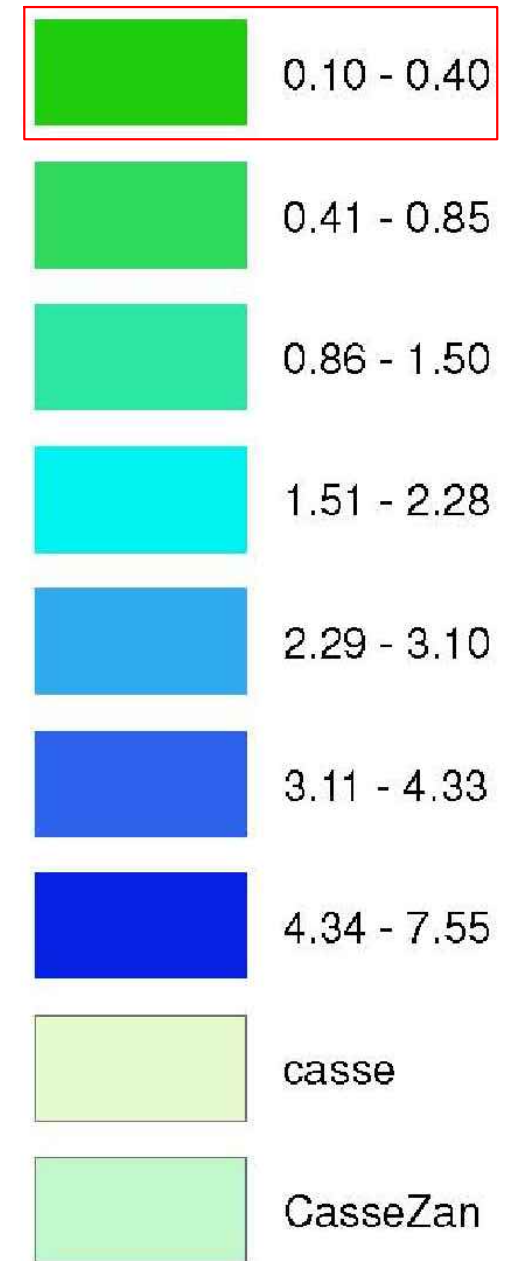
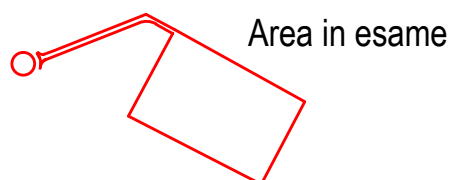
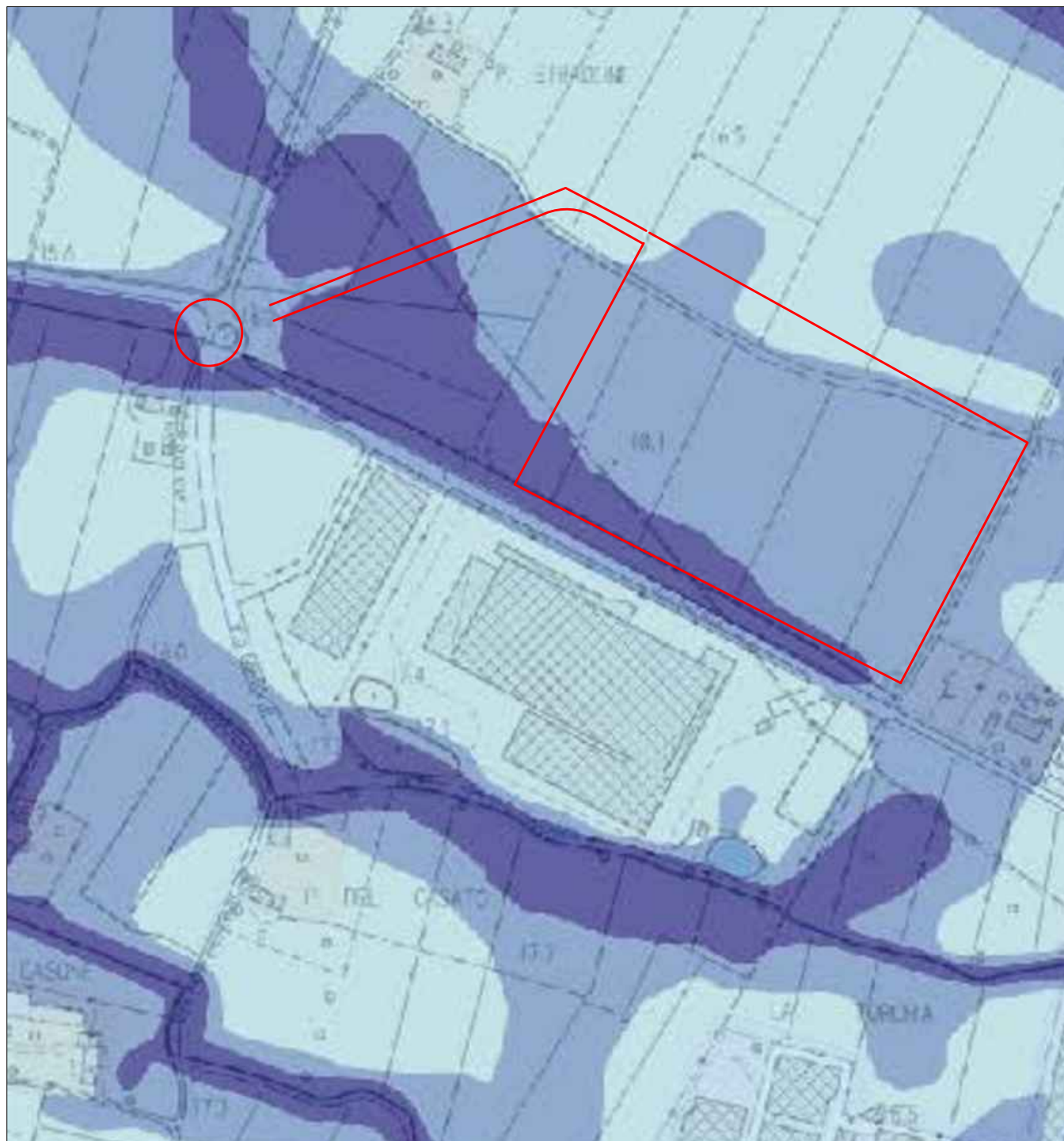


FIGURA 6: Carta dei battenti con Tr 200 anni (scala 1:5000) - estratta dal P.S. Comunale



**FIGURA 7: Piano di Gestione Rischio Alluvioni - Pericolosità da alluvioni (scala 1:5000).
Distretto dell'Appennino Settentrionale - Fiume Arno**

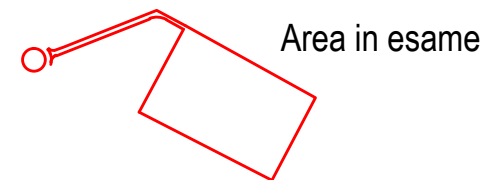
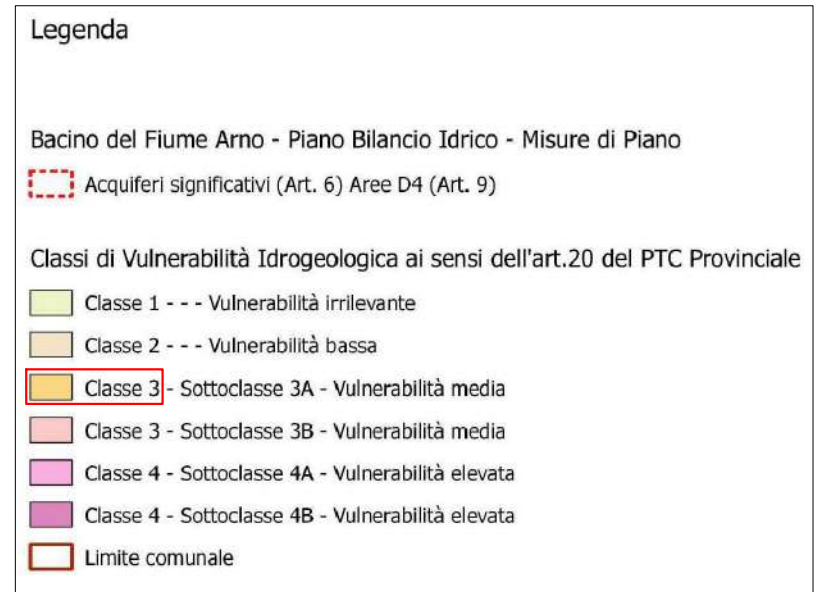
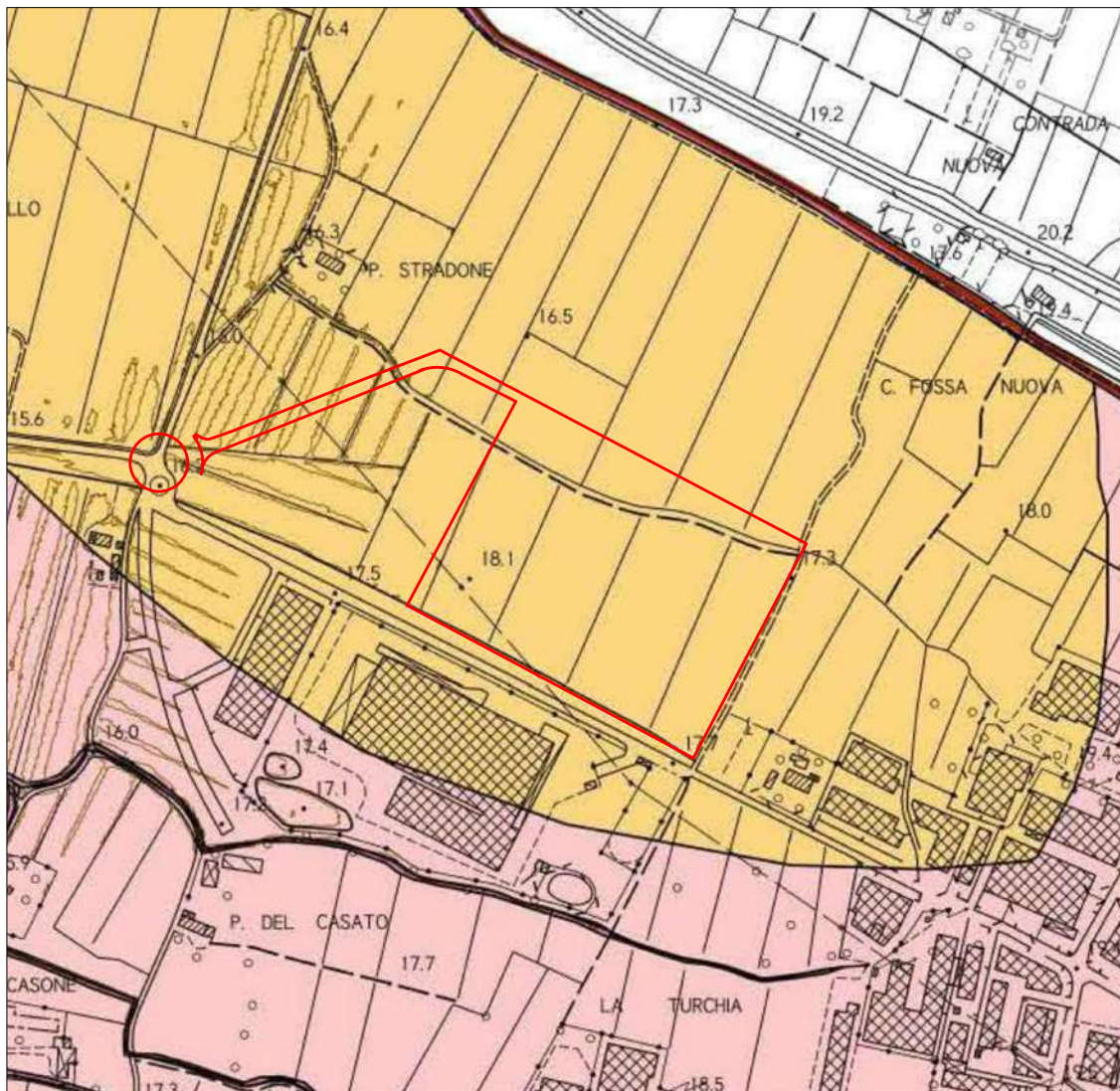
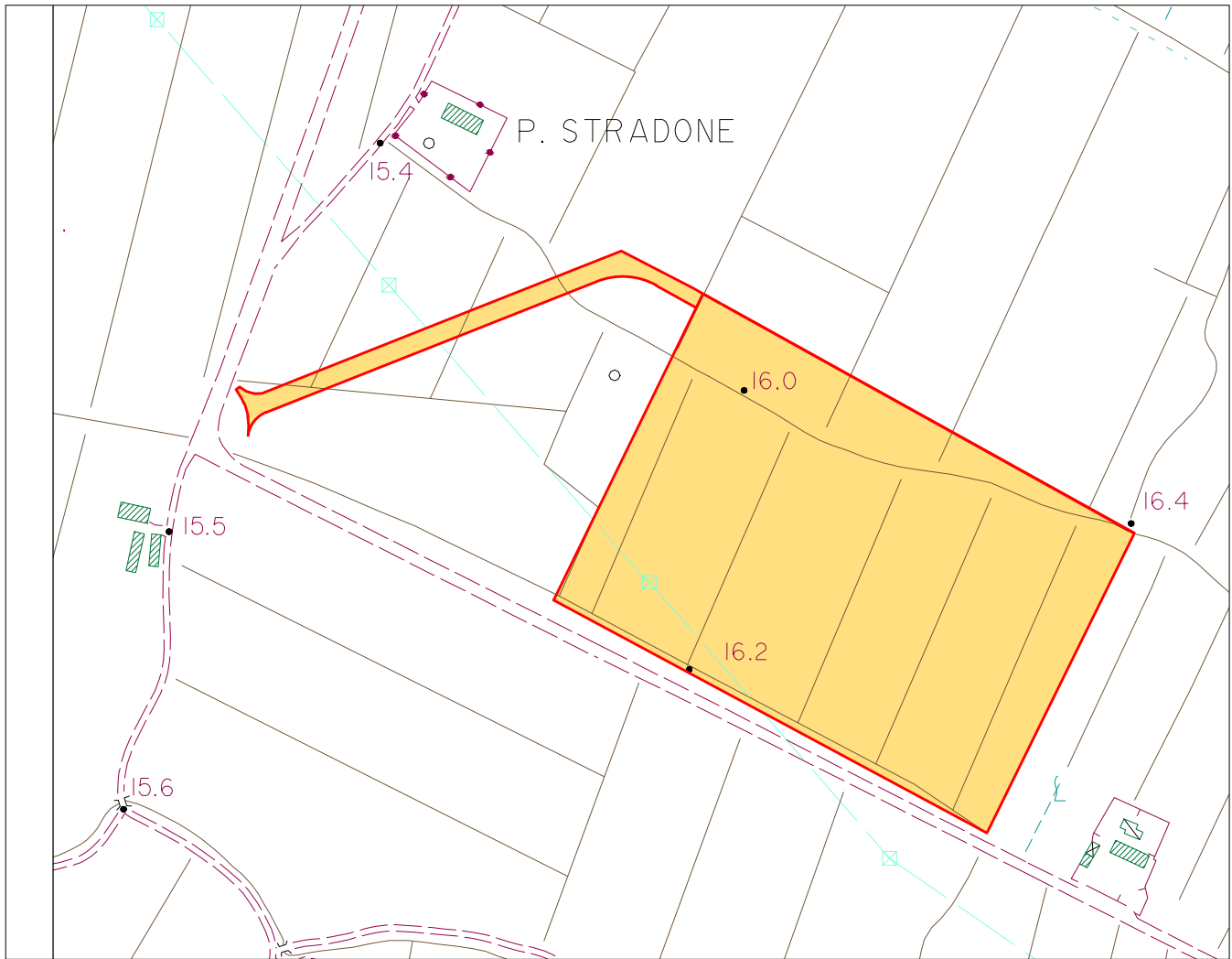


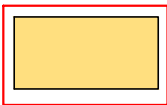
FIGURA 8:Carta della Vulnerabilità Idrogeologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto al P.S. Comunale (scala 1:5000)



LEGENDA



G.1 - Pericolosità geologica bassa: aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.



G.2 - Pericolosità geologica media: aree in cui sono presenti fenomeni geomorfologici inattivi; aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 15°.

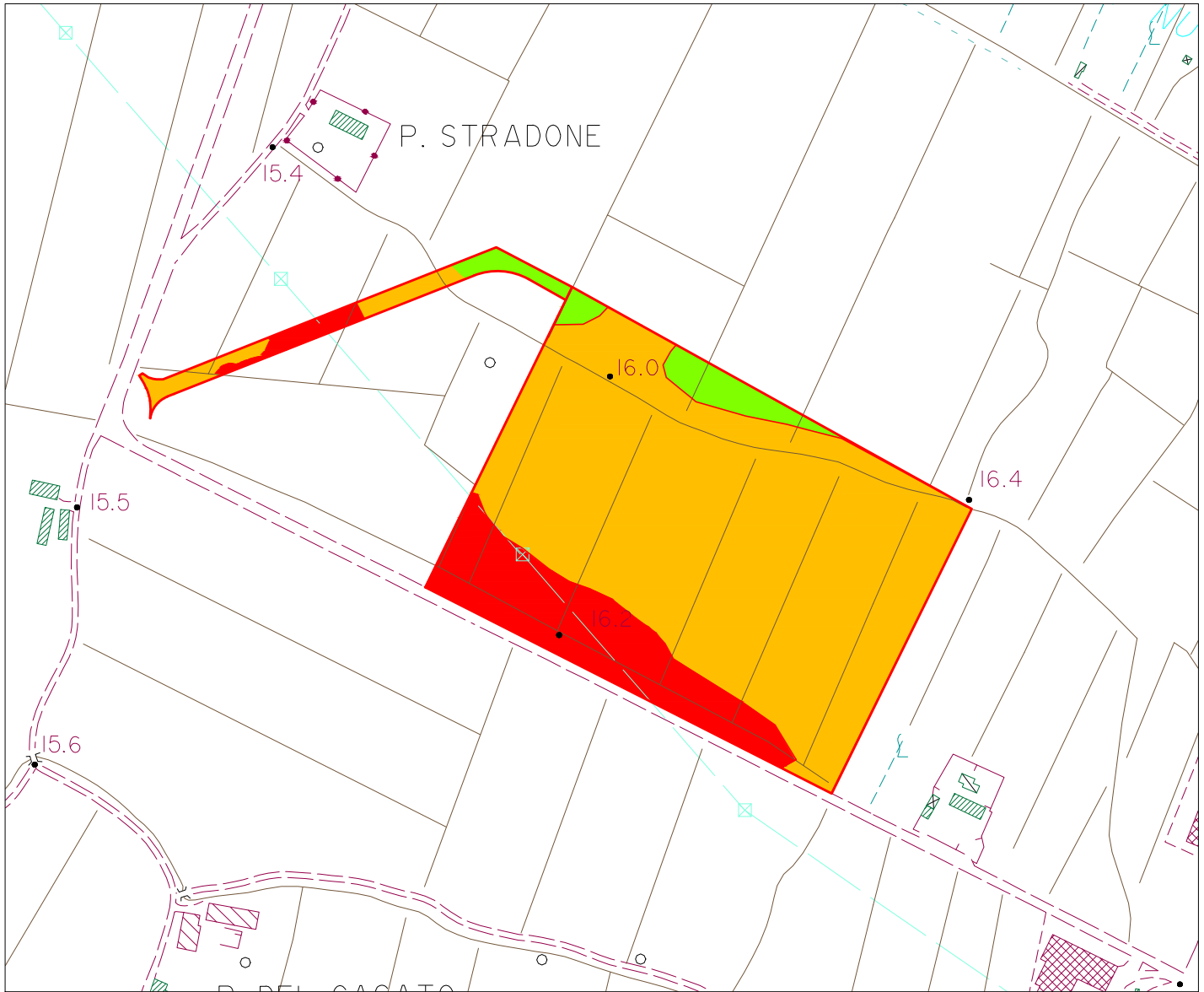


G.3 - Pericolosità geologica elevata: aree in cui sono presenti fenomeni franosi quiescenti e relative aree di evoluzione; aree con potenziale instabilità connessa a giacitura, ad acclività, a litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee e relativi processi di morfodinamica fluviale, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da fenomeni di soliflusso, fenomeni erosivi; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geomeccaniche; corpi detritici su versanti con pendenze superiori a 15°.



G.4 - Pericolosità geologica molto elevata: aree in cui sono presenti fenomeni franosi attivi e relative aree di evoluzione, ed aree in cui sono presenti intensi fenomeni geomorfologici attivi di tipo erosivo.

FIGURA 9:Carta della Pericolosità Geologica ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:5000)



LEGENDA



P1 - Aree a pericolosità da alluvioni rare o di estrema intensità, come classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.lgs 49/2010.



P2: - aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti: le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.lgs 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti o a pericolosità per alluvioni media.



P3 - Aree a pericolosità per alluvioni frequenti: le aree classificate negli atti di pianificazione di bacino in attuazione del D.Lgs. 49/2010 come aree a pericolosità per alluvioni frequenti o a pericolosità per alluvioni elevata.

FIGURA 10:Carta della Pericolosità da alluvioni ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:5000)

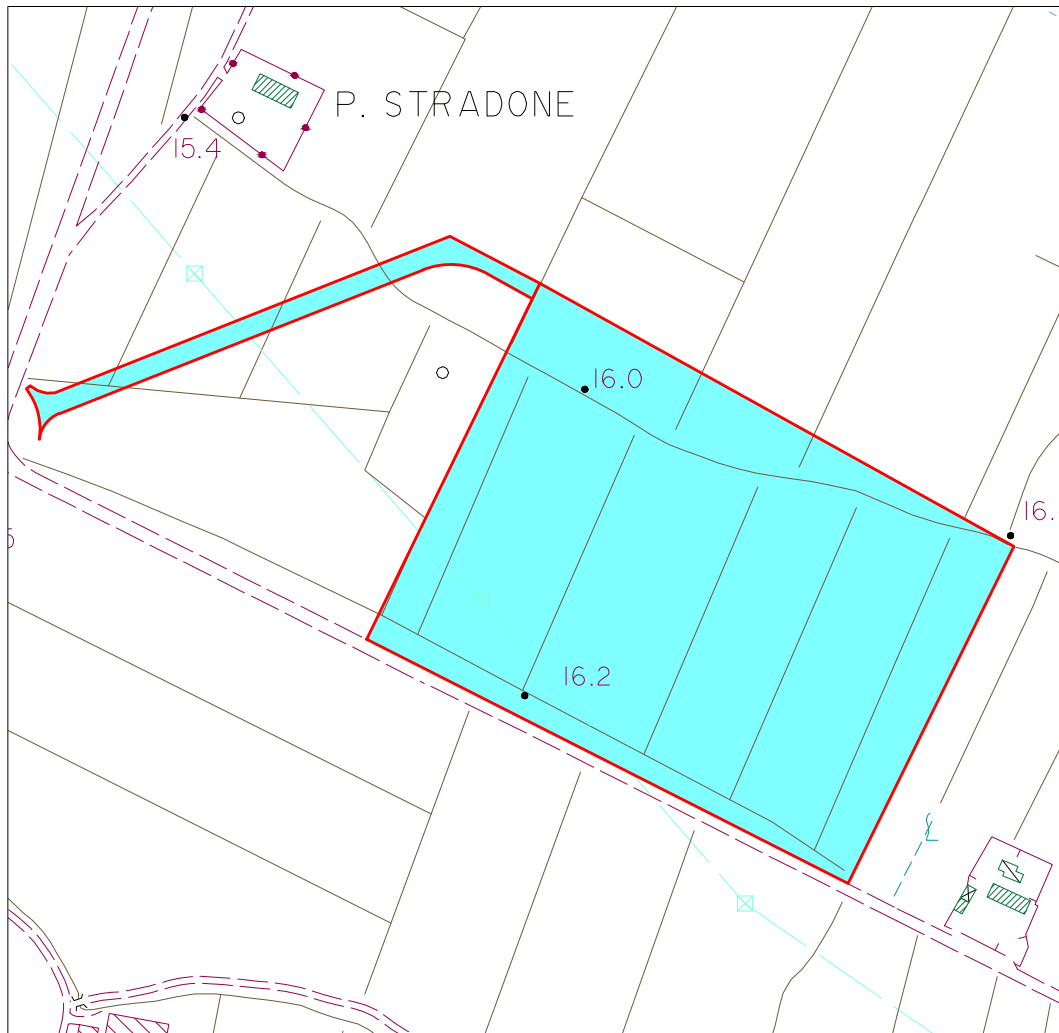


FIGURA 11: Carta della Pericolosità Sismica Locale ai sensi del DPGR 5/R-2020 (scala 1:5000)



S.1 - Pericolosità sismica locale bassa:

- zone stabili caratterizzate dalla presenza di litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a 15°), dove non si ritengono probabili fenomeni di amplificazione o instabilità indotta dalla sollecitazione sismica.



S.2 - Pericolosità sismica locale media:

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal p.c. e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1 Hz;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (Fx) < 1.4;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15°);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3.



S.3 - Pericolosità sismica locale elevata:

- aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti rilevanti;
- aree potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica, caratterizzate da terreni per i quali, sulla base delle informazioni disponibili, non è possibile escludere a priori il rischio di liquefazione;
- zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche significativamente diverse;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connesse con un alto contrasto di impedenza sismica atteso entro alcune decine di metri dal piano di campagna;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattori di amplificazione (Fx) > 1.4;
- aree interessate da instabilità di versante quiescente, relative aree di evoluzione, nonché aree potenzialmente franose di seguito, denominate "APF", e, come tali, suscettibili di riattivazione del movimento in occasione di eventi sismici.

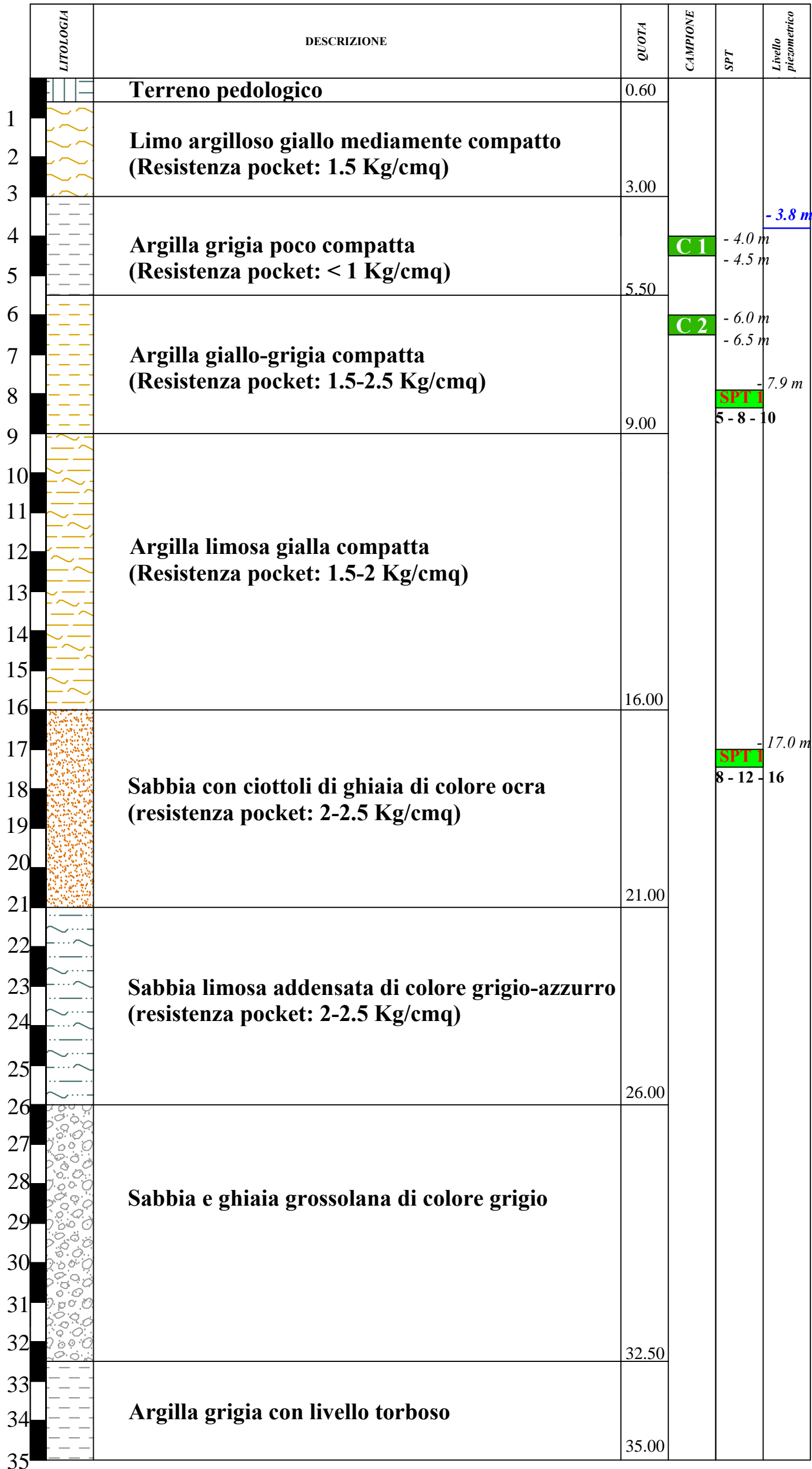


S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata:

- aree interessate da deformazioni legate alla presenza di faglie attive e capaci, in grado di creare deformazione in superficie;
- terreni suscettibili di liquefazione dinamica accertati mediante indagini geognostiche oppure notizie storiche o studi preesistenti;
- aree interessate da instabilità di versante attive e relativa area di evoluzione, tali da subire un'accentuazione del movimento in occasione di eventi sismici.

FIGURA 12: Stratigrafia sondaggio S.P. 35 m 1° P.A.

| | | | | |
|--|-----------------------------------|---|---|--|
| CANTIERE: Loc. Perignano, Via Sicilia, Comune di Casciana Terme Lari (PI) | | SONDAGGIO S.P. 1° PA DATA:08-09-10/06/2022 | Metodo di perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO | Sondaggio attrezzato di tubo piezometrico. |
| Committente: BLOSSOM AVENUE | Impresa esecutrice: GEA s.n.c. | Quota assoluta p.c. circa 16.0 m l.m.m. | PROFONDITA' RAGGIUNTA ml 35.0 da p.c. | Geologo responsabile della campagna geognostica: Dott. Eraldo Santarnecki |





Ubicazione sondaggio



Foto pozzetto protezione



Cassetta catalogatrice 1 (p.c. - 5.00 m)



Cassetta catalogatrice 2 (5.00 m - 10.00 m)



Cassetta catalogatrice 3 (10.00 m - 15.00 m)



Cassetta catalogatrice 4 (15.00 m - 20.00 m)



Cassetta catalogatrice 5 (20.00 m - 25.00 m)



Cassetta catalogatrice 6 (25.00 m - 30.00 m)



Cassetta catalogatrice 7 (30.00 m - 35.00 m)



FIGURA 13: Planimetria generale con ubicazione nuove indagini geognostiche e sismiche (scala 1:2000)

ALLEGATO 1

ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA IN FORO SPT

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Rif. Norme | DIN 4094 |
| Peso Massa battente | 63.5 Kg |
| Altezza di caduta libera | 0.76 m |
| Peso sistema di battuta | 4.2 Kg |
| Diametro punta conica | 50.46 mm |
| Area di base punta | 20 cm ² |
| Lunghezza delle aste | 1 m |
| Peso aste a metro | 7 Kg/m |
| Profondità giunzione prima asta | 0.80 m |
| Avanzamento punta | 0.30 m |
| Numero colpi per punta | N(30) |
| Coeff. Correlazione | 0.997 |
| Rivestimento/fanghi | No |
| Angolo di apertura punta | 60 ° |

PROVA ...SPT 1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 25/03/2019
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi |
|----------------|-----------|
| 5.15 | 2 |
| 5.30 | 3 |
| 5.45 | 4 |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA SPT 1

| Strato | Prof. (m) | NSPT | Tipo | Peso unità di volume (t/m ³) | Peso unità di volume saturo (t/m ³) | Angolo di resistenza al taglio (°) | Coesione non drenata (Kg/cm ²) | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) | Modulo Elastico (Kg/cm ²) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Kg/cm ²) | Velocità onde di taglio (m/s) |
|------------|-----------|-------|---------|--|---|------------------------------------|--|---|---------------------------------------|----------------|--|-------------------------------|
| Strato (1) | 0.00-5.45 | 6.979 | Coesivo | 1.86 | 1.90 | -- | 0.46 | 34.90 | 69.79 | -- | -- | 116.18 |

ALLEGATO 2

CERTIFICATI PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1

(DITTA GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL)

ED

ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

(CPT 1, CPT 2 E CPT 3 – GEOL. ERALDO SANTARNECCHI)

Dr. ERALDO SANTARNECCHI - Geologo

Via della Costituente, 17 - 56024 PONTE A EGOLA (PT)

Tel: 0571/485277 Fax: 0571/1831592 e-mail: info@studiolithos.net

pec: e.santarnecci@pec.geologitoscana.net

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-179

- committente : Eredi Guzzardi / Samminiatielli
 - lavoro : Dott. Geol. Eraldo Santarnecchi
 - località : Via Sicilia - Perignano - Casciana Terme Lari (PI)
 - note :

- data : 29/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| Prof. m | Letture di campagna | | qc | fs | qc/fs | Prof. m | Letture di campagna | | qc | fs | qc/fs |
|-------------|---------------------|----------|--------------------|------|-------|--------------|---------------------|----------|--------------------|-------|-------|
| | punta | laterale | kg/cm ² | | | | punta | laterale | kg/cm ² | | |
| 0,20 | ---- | ---- | -- | 1,07 | ---- | 5,20 | 20,0 | 35,0 | 20,0 | 1,20 | 17,0 |
| 0,40 | 12,0 | 28,0 | 12,0 | 1,33 | 9,0 | 5,40 | 19,0 | 37,0 | 19,0 | 1,20 | 16,0 |
| 0,60 | 10,0 | 30,0 | 10,0 | 1,20 | 8,0 | 5,60 | 26,0 | 44,0 | 26,0 | 1,80 | 14,0 |
| 0,80 | 15,0 | 33,0 | 15,0 | 1,27 | 12,0 | 5,80 | 29,0 | 56,0 | 29,0 | 1,80 | 16,0 |
| 1,00 | 9,0 | 28,0 | 9,0 | 0,60 | 15,0 | 6,00 | 27,0 | 54,0 | 27,0 | 2,13 | 13,0 |
| 1,20 | 8,0 | 17,0 | 8,0 | 0,40 | 20,0 | 6,20 | 34,0 | 66,0 | 34,0 | 1,93 | 18,0 |
| 1,40 | 8,0 | 14,0 | 8,0 | 0,40 | 20,0 | 6,40 | 42,0 | 71,0 | 42,0 | 2,13 | 20,0 |
| 1,60 | 12,0 | 18,0 | 12,0 | 0,47 | 26,0 | 6,60 | 36,0 | 68,0 | 36,0 | 2,40 | 15,0 |
| 1,80 | 17,0 | 24,0 | 17,0 | 0,73 | 23,0 | 6,80 | 40,0 | 76,0 | 40,0 | 2,20 | 18,0 |
| 2,00 | 9,0 | 20,0 | 9,0 | 0,33 | 27,0 | 7,00 | 21,0 | 54,0 | 21,0 | 1,93 | 11,0 |
| 2,20 | 11,0 | 16,0 | 11,0 | 0,67 | 16,0 | 7,20 | 39,0 | 68,0 | 39,0 | 2,53 | 15,0 |
| 2,40 | 12,0 | 22,0 | 12,0 | 0,60 | 20,0 | 7,40 | 43,0 | 81,0 | 43,0 | 2,80 | 15,0 |
| 2,60 | 7,0 | 16,0 | 7,0 | 0,67 | 10,0 | 7,60 | 40,0 | 82,0 | 40,0 | 2,47 | 16,0 |
| 2,80 | 12,0 | 22,0 | 12,0 | 0,27 | 45,0 | 7,80 | 45,0 | 82,0 | 45,0 | 2,47 | 18,0 |
| 3,00 | 6,0 | 10,0 | 6,0 | 0,33 | 18,0 | 8,00 | 50,0 | 87,0 | 50,0 | 2,53 | 20,0 |
| 3,20 | 5,0 | 10,0 | 5,0 | 0,20 | 25,0 | 8,20 | 51,0 | 89,0 | 51,0 | 2,60 | 20,0 |
| 3,40 | 3,0 | 6,0 | 3,0 | 0,13 | 22,0 | 8,40 | 42,0 | 81,0 | 42,0 | 2,07 | 20,0 |
| 3,60 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 0,13 | 15,0 | 8,60 | 34,0 | 65,0 | 34,0 | 1,67 | 20,0 |
| 3,80 | 1,0 | 3,0 | 1,0 | 0,13 | 7,0 | 8,80 | 26,0 | 51,0 | 26,0 | 1,67 | 16,0 |
| 4,00 | 2,0 | 4,0 | 2,0 | 0,13 | 15,0 | 9,00 | 27,0 | 52,0 | 27,0 | 1,67 | 16,0 |
| 4,20 | 3,0 | 5,0 | 3,0 | 0,27 | 11,0 | 9,20 | 41,0 | 66,0 | 41,0 | 2,00 | 20,0 |
| 4,40 | 3,0 | 7,0 | 3,0 | 0,53 | 6,0 | 9,40 | 28,0 | 58,0 | 28,0 | 1,67 | 17,0 |
| 4,60 | 6,0 | 14,0 | 6,0 | 0,40 | 15,0 | 9,60 | 19,0 | 44,0 | 19,0 | 1,33 | 14,0 |
| 4,80 | 12,0 | 18,0 | 12,0 | 0,67 | 18,0 | 9,80 | 25,0 | 45,0 | 25,0 | 1,40 | 18,0 |
| 5,00 | 16,0 | 26,0 | 16,0 | 1,00 | 16,0 | 10,00 | 27,0 | 48,0 | 27,0 | ----- | ---- |

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

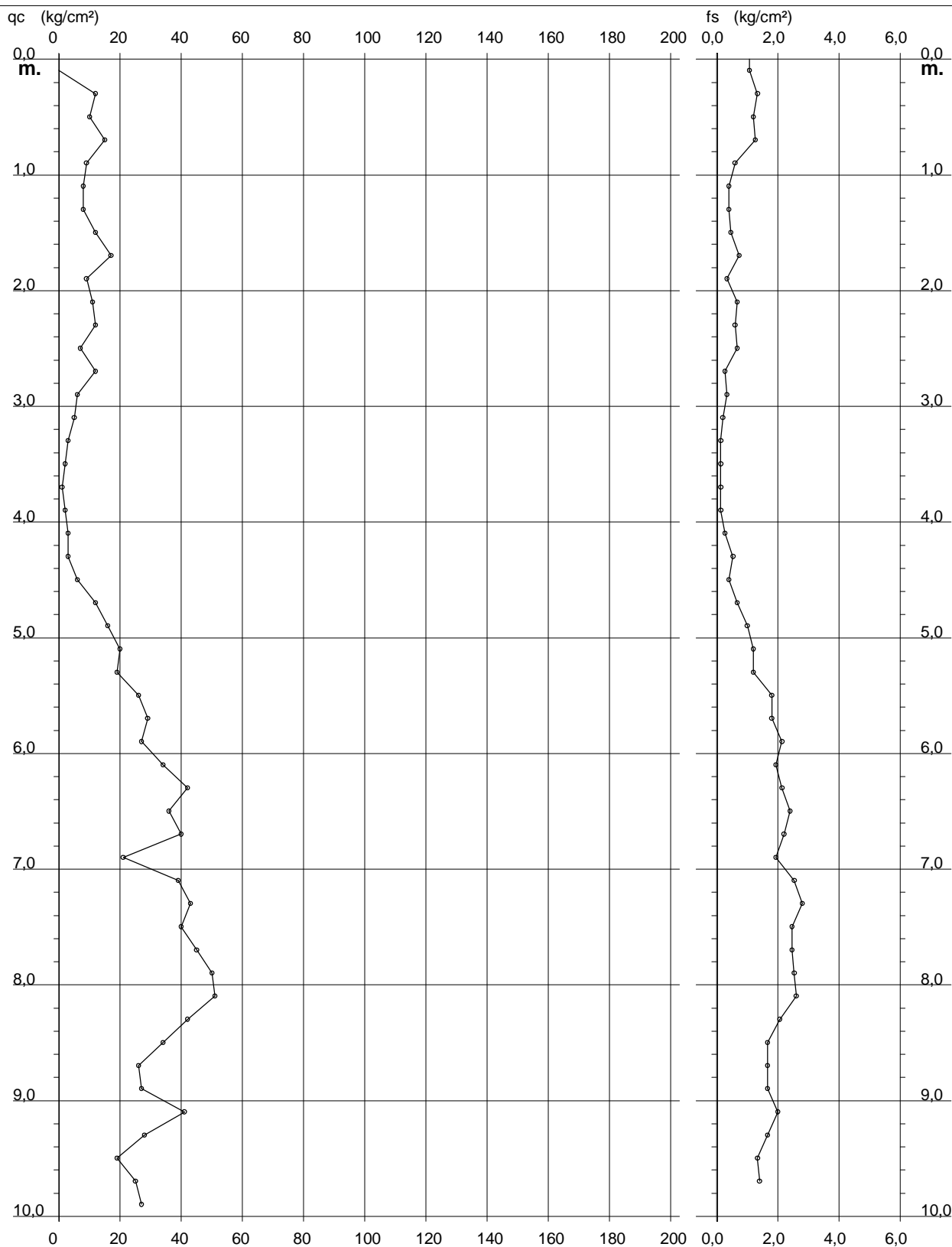
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-179

- committente : Eredi Guzzardi / Samminiatelli
 - lavoro : Dott. Geol. Eraldo Santarnecchi
 - località : Via Sicilia - Perignano - Casciana Terme Lari (PI)

- data : 29/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



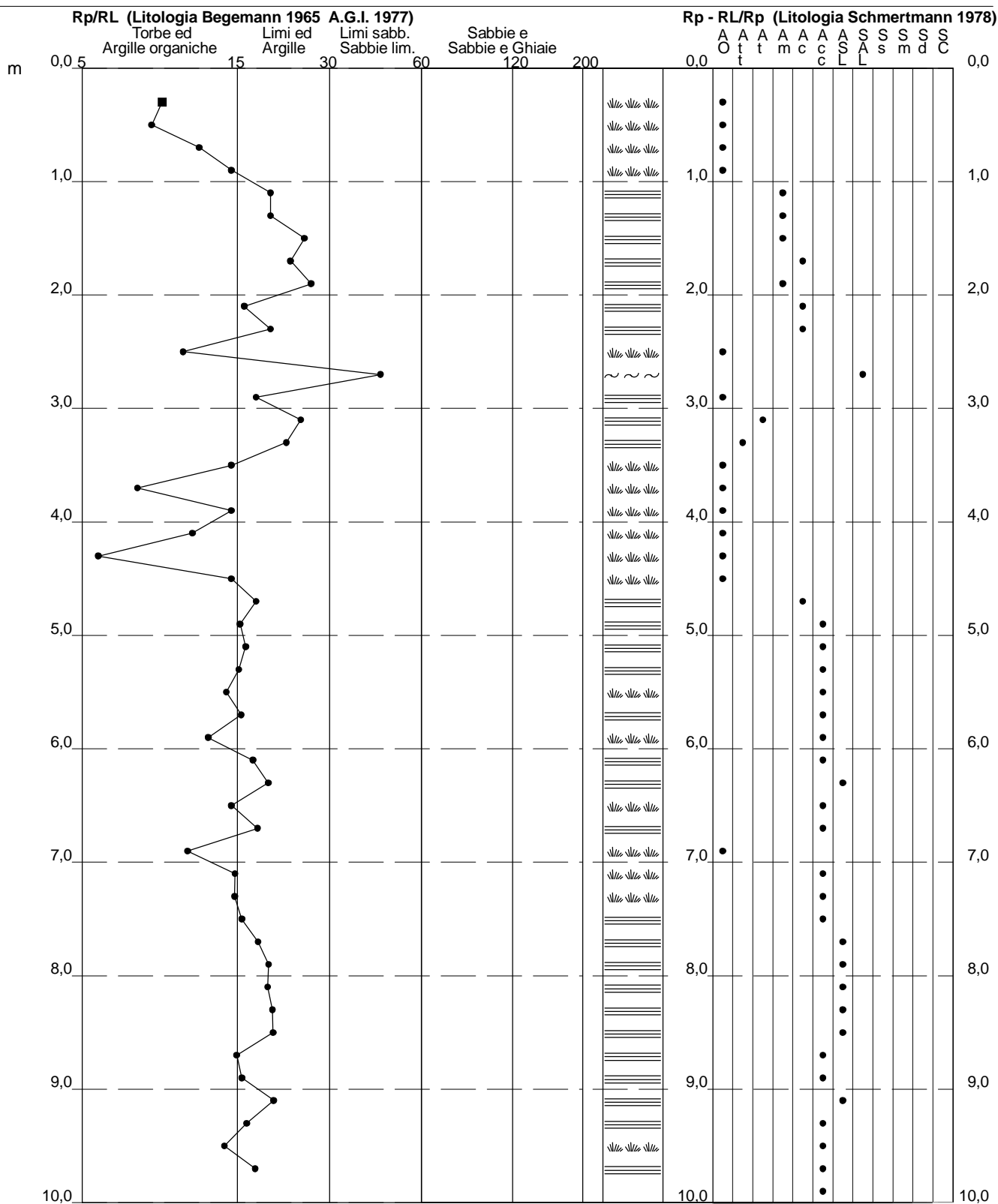
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.01PG05-179

- committente : Eredi Guzzardi / Samminiatielli
 - lavoro : Dott. Geol. Eraldo Santaronecchi
 - località : Via Sicilia - Perignano - Casciana Terme Lari (PI)
 - note :

- data : 29/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA

TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-179

- committente : Eredi Guzzardi / Samminiatielli
 - lavoro : Dott. Geol. Eraldo Santaronecchi
 - località : Via Sicilia - Perignano - Casciana Terme Lari (PI)
 - note :

- data : 29/03/2019
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

| NATURA COESIVA | | | | | | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----------|---------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----|
| Prof. m | qc kg/cm ² | qc/fs (-) | Natura Litol. | Y' t/m ³ | d'vo kg/cm ² | Cu kg/cm ² | OCR (-) | Eu50 kg/cm ² | Eu25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | Dr % | ø1s (°) | ø2s (°) | ø3s (°) | ø4s (°) | ødm (°) | ømy (°) | Amax/g (-) | E'50 kg/cm ² | E'25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | |
| 0,20 | -- | -- | ??? | 1,85 | 0,04 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,40 | 12 | 9 | 2//// | 1,85 | 0,07 | 0,57 | 80,8 | 97 | 146 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,60 | 10 | 8 | 2//// | 1,85 | 0,11 | 0,50 | 41,2 | 85 | 128 | 40 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,80 | 15 | 12 | 2//// | 1,85 | 0,15 | 0,67 | 41,2 | 113 | 170 | 50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,00 | 9 | 15 | 2//// | 1,85 | 0,19 | 0,45 | 19,1 | 77 | 115 | 38 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,20 | 8 | 20 | 2//// | 1,85 | 0,22 | 0,40 | 13,1 | 68 | 102 | 35 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,40 | 8 | 20 | 2//// | 1,85 | 0,26 | 0,40 | 10,8 | 68 | 102 | 35 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,60 | 12 | 26 | 2//// | 1,85 | 0,30 | 0,57 | 14,3 | 97 | 146 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,80 | 17 | 23 | 2//// | 1,85 | 0,33 | 0,72 | 16,0 | 123 | 184 | 54 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,00 | 9 | 27 | 2//// | 1,85 | 0,37 | 0,45 | 8,0 | 89 | 133 | 38 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,20 | 11 | 16 | 2//// | 1,85 | 0,41 | 0,54 | 8,9 | 96 | 145 | 42 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,40 | 12 | 20 | 2//// | 1,85 | 0,44 | 0,57 | 8,6 | 105 | 158 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,60 | 7 | 10 | 1**** | 1,85 | 0,48 | 0,35 | 4,2 | 24 | 36 | 11 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,80 | 12 | 45 | 4:/: | 1,85 | 0,52 | 0,57 | 7,1 | 129 | 194 | 45 | 15 | 30 | 33 | 36 | 39 | 29 | 26 | 0,029 | 20 | 30 | 36 | |
| 3,00 | 6 | 18 | 2//// | 1,85 | 0,55 | 0,30 | 2,9 | 150 | 225 | 29 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3,20 | 5 | 25 | 2//// | 1,85 | 0,59 | 0,25 | 2,1 | 138 | 207 | 25 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3,40 | 3 | 22 | 2//// | 1,85 | 0,63 | 0,15 | 1,0 | 90 | 135 | 15 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3,60 | 2 | 15 | 1**** | 1,85 | 0,67 | 0,10 | 0,6 | 13 | 20 | 3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3,80 | 1 | 7 | 1**** | 1,85 | 0,70 | 0,05 | 0,2 | 7 | 10 | 2 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,00 | 2 | 15 | 1**** | 1,85 | 0,74 | 0,10 | 0,5 | 13 | 20 | 3 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,20 | 3 | 11 | 1**** | 1,85 | 0,78 | 0,15 | 0,8 | 20 | 29 | 5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,40 | 3 | 6 | 1**** | 1,85 | 0,81 | 0,15 | 0,8 | 20 | 29 | 5 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,60 | 6 | 15 | 1**** | 1,85 | 0,85 | 0,30 | 1,7 | 37 | 56 | 9 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,80 | 12 | 18 | 2//// | 1,85 | 0,89 | 0,57 | 3,6 | 251 | 376 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,00 | 16 | 16 | 2//// | 1,85 | 0,93 | 0,70 | 4,4 | 258 | 387 | 52 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,20 | 20 | 17 | 4:/: | 1,85 | 0,96 | 0,80 | 5,0 | 266 | 398 | 60 | 18 | 30 | 33 | 36 | 39 | 28 | 27 | 0,034 | 33 | 50 | 60 | |
| 5,40 | 19 | 16 | 2//// | 1,85 | 1,00 | 0,78 | 4,6 | 278 | 418 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,60 | 26 | 14 | 4:/: | 1,85 | 1,04 | 0,93 | 5,5 | 281 | 422 | 78 | 25 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 28 | 0,047 | 43 | 65 | 78 | |
| 5,80 | 29 | 16 | 4:/: | 1,85 | 1,07 | 0,98 | 5,6 | 289 | 434 | 87 | 28 | 32 | 35 | 37 | 40 | 30 | 29 | 0,053 | 48 | 73 | 87 | |
| 6,00 | 27 | 13 | 4:/: | 1,85 | 1,11 | 0,95 | 5,2 | 305 | 457 | 81 | 24 | 31 | 34 | 37 | 40 | 29 | 28 | 0,047 | 45 | 68 | 81 | |
| 6,20 | 34 | 18 | 4:/: | 1,85 | 1,15 | 1,13 | 6,2 | 301 | 451 | 102 | 32 | 32 | 35 | 38 | 41 | 30 | 29 | 0,061 | 57 | 85 | 102 | |
| 6,40 | 42 | 20 | 4:/: | 1,85 | 1,18 | 1,40 | 7,7 | 287 | 430 | 126 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 30 | 0,075 | 70 | 105 | 126 | |
| 6,60 | 36 | 15 | 4:/: | 1,85 | 1,22 | 1,20 | 6,1 | 321 | 481 | 108 | 32 | 32 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,062 | 60 | 90 | 108 | |
| 6,80 | 40 | 18 | 4:/: | 1,85 | 1,26 | 1,33 | 6,8 | 320 | 480 | 120 | 35 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 30 | 0,068 | 67 | 100 | 120 | |
| 7,00 | 21 | 11 | 4:/: | 1,85 | 1,30 | 0,82 | 3,6 | 366 | 548 | 63 | 12 | 30 | 33 | 36 | 39 | 27 | 27 | 0,024 | 35 | 53 | 63 | |
| 7,20 | 39 | 15 | 4:/: | 1,85 | 1,33 | 1,30 | 6,1 | 351 | 526 | 117 | 33 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,063 | 65 | 98 | 117 | |
| 7,40 | 43 | 15 | 4:/: | 1,85 | 1,37 | 1,43 | 6,6 | 350 | 525 | 129 | 35 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 30 | 0,069 | 72 | 108 | 129 | |
| 7,60 | 40 | 16 | 4:/: | 1,85 | 1,41 | 1,33 | 5,9 | 374 | 562 | 120 | 32 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,062 | 67 | 100 | 120 | |
| 7,80 | 45 | 18 | 4:/: | 1,85 | 1,44 | 1,50 | 6,6 | 370 | 555 | 135 | 36 | 33 | 36 | 38 | 41 | 30 | 31 | 0,070 | 75 | 113 | 135 | |
| 8,00 | 50 | 20 | 4:/: | 1,85 | 1,48 | 1,67 | 7,3 | 366 | 549 | 150 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,077 | 83 | 125 | 150 | |
| 8,20 | 51 | 20 | 4:/: | 1,85 | 1,52 | 1,70 | 7,2 | 376 | 564 | 153 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,077 | 85 | 128 | 153 | |
| 8,40 | 42 | 20 | 4:/: | 1,85 | 1,55 | 1,40 | 5,5 | 421 | 631 | 126 | 31 | 32 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,061 | 70 | 105 | 126 | |
| 8,60 | 34 | 20 | 4:/: | 1,85 | 1,59 | 1,13 | 4,1 | 444 | 666 | 102 | 24 | 31 | 34 | 37 | 40 | 28 | 29 | 0,045 | 57 | 85 | 102 | |
| 8,80 | 26 | 16 | 4:/: | 1,85 | 1,63 | 0,93 | 3,1 | 450 | 674 | 78 | 14 | 30 | 33 | 36 | 39 | 27 | 28 | 0,027 | 43 | 65 | 78 | |
| 9,00 | 27 | 16 | 4:/: | 1,85 | 1,66 | 0,95 | 3,1 | 459 | 689 | 81 | 15 | 30 | 33 | 36 | 39 | 27 | 28 | 0,028 | 45 | 68 | 81 | |
| 9,20 | 41 | 20 | 4:/: | 1,85 | 1,70 | 1,37 | 4,8 | 472 | 709 | 123 | 28 | 32 | 35 | 37 | 40 | 29 | 30 | 0,054 | 68 | 103 | 123 | |
| 9,40 | 28 | 17 | 4:/: | 1,85 | 1,74 | 0,97 | 3,0 | 476 | 713 | 84 | 15 | 30 | 33 | 36 | 39 | 27 | 28 | 0,028 | 47 | 70 | 84 | |
| 9,60 | 19 | 14 | 2//// | 1,85 | 1,78 | 0,78 | 2,2 | 424 | 636 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 9,80 | 25 | 18 | 4:/: | 1,85 | 1,81 | 0,91 | 2,6 | 473 | 709 | 75 | 10 | 29 | 32 | 35 | 39 | 26 | 28 | 0,020 | 42 | 63 | 75 | |
| 10,00 | 27 | -- | 4:/: | 1,85 | 1,85 | 0,95 | 2,7 | 488 | 731 | 81 | 12 | 30 | 33 | 36 | 39 | 26 | 28 | 0,024 | 45 | 68 | 81 | |

Geognostica Fiorentina srl

Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)

C.F./P.IVA • 05256260489

Tel. e Fax • 055 720195

E-mail • info@geognosticafiorentina.com

Web • www.geognosticafiorentina.com

| | | | |
|-------------------|--|-------------------------|--|
| Rapporto n°: | 86-19 | | |
| Data: | 29/03/2019 | | |
| Località: | Via Sicilia – Perignano – Casciana Terme Lari (PI) | | |
| Coordinate Prova: | Latitudine: 43.616324° | Longitudine: 10.605783° | |

Documentazione fotografica



P1 (CPT)



Ubicazione prova penetrometrica

ELABORAZIONE PROVAE PENETROMETRICHE STATICHE

| | |
|---|--|
| Committente: Dringa Luminita, Guzzardi Maria Beatrice e Carlo Alberto, , Samminiattelli Fabio, Istituto Diocesano di San Miniato, Eredi di Castellano Giuseppe, Ciccone Agnese Cantiere: Via Sicilia, Piano Particolareggiato Attuativo Località: Perignano | |
|---|--|

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63 (200 kN)

| | |
|--|----------------------|
| Rif. Norme | ASTM D3441-86 |
| Diametro Punta conica meccanica | 35.7 |
| Angolo di apertura punta | 60 |
| Area punta | 10 |
| Superficie manicotto | 150 |
| Passo letture (cm) | 20 |
| Costante di trasformazione Ct | 10 |

Caratteristiche Strumentali DEEP DRILL

| | |
|--|----------------------|
| Rif. Norme | ASTM D3441-86 |
| Diametro Punta conica meccanica | 35.7 |
| Angolo di apertura punta | 60 |
| Area punta | 10 |
| Superficie manicotto | 150 |
| Passo letture (cm) | 20 |
| Costante di trasformazione Ct | 20 |

PROVA ...CPT 1

Esecutore: Geognostica Fiorentina srl:
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)
 Prova eseguita in data: 29/03/2019
 Profondità prova: 10.00 mt

| Profondità (m) | Lettura punta (Kg/cm ²) | Lettura laterale (Kg/cm ²) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|----------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2.133 | 0.0 | |
| 0.40 | 12.00 | 28.00 | 24.0 | 2.667 | 8.999 | 11.1 |
| 0.60 | 10.00 | 30.00 | 20.0 | 2.4 | 8.333 | 12.0 |
| 0.80 | 15.00 | 33.00 | 30.0 | 2.533 | 11.844 | 8.4 |
| 1.00 | 9.00 | 28.00 | 18.0 | 1.2 | 15.0 | 6.7 |
| 1.20 | 8.00 | 17.00 | 16.0 | 0.8 | 20.0 | 5.0 |
| 1.40 | 8.00 | 14.00 | 16.0 | 0.8 | 20.0 | 5.0 |
| 1.60 | 12.00 | 18.00 | 24.0 | 0.933 | 25.723 | 3.9 |
| 1.80 | 17.00 | 24.00 | 34.0 | 1.467 | 23.177 | 4.3 |
| 2.00 | 9.00 | 20.00 | 18.0 | 0.667 | 26.987 | 3.7 |
| 2.20 | 11.00 | 16.00 | 22.0 | 1.333 | 16.504 | 6.1 |
| 2.40 | 12.00 | 22.00 | 24.0 | 1.2 | 20.0 | 5.0 |
| 2.60 | 7.00 | 16.00 | 14.0 | 1.333 | 10.503 | 9.5 |
| 2.80 | 12.00 | 22.00 | 24.0 | 0.533 | 45.028 | 2.2 |
| 3.00 | 6.00 | 10.00 | 12.0 | 0.667 | 17.991 | 5.6 |
| 3.20 | 5.00 | 10.00 | 10.0 | 0.4 | 25.0 | 4.0 |
| 3.40 | 3.00 | 6.00 | 6.0 | 0.267 | 22.472 | 4.5 |
| 3.60 | 2.00 | 4.00 | 4.0 | 0.267 | 14.981 | 6.7 |
| 3.80 | 1.00 | 3.00 | 2.0 | 0.267 | 7.491 | 13.4 |
| 4.00 | 2.00 | 4.00 | 4.0 | 0.267 | 14.981 | 6.7 |
| 4.20 | 3.00 | 5.00 | 6.0 | 0.533 | 11.257 | 8.9 |
| 4.40 | 3.00 | 7.00 | 6.0 | 1.067 | 5.623 | 17.8 |
| 4.60 | 6.00 | 14.00 | 12.0 | 0.8 | 15.0 | 6.7 |
| 4.80 | 12.00 | 18.00 | 24.0 | 1.333 | 18.005 | 5.6 |
| 5.00 | 16.00 | 26.00 | 32.0 | 2.0 | 16.0 | 6.3 |
| 5.20 | 20.00 | 35.00 | 40.0 | 2.4 | 16.667 | 6.0 |
| 5.40 | 19.00 | 37.00 | 38.0 | 2.4 | 15.833 | 6.3 |
| 5.60 | 26.00 | 44.00 | 52.0 | 3.6 | 14.444 | 6.9 |
| 5.80 | 29.00 | 56.00 | 58.0 | 3.6 | 16.111 | 6.2 |
| 6.00 | 27.00 | 54.00 | 54.0 | 4.267 | 12.655 | 7.9 |
| 6.20 | 34.00 | 66.00 | 68.0 | 3.867 | 17.585 | 5.7 |
| 6.40 | 42.00 | 71.00 | 84.0 | 4.267 | 19.686 | 5.1 |
| 6.60 | 36.00 | 68.00 | 72.0 | 4.8 | 15.0 | 6.7 |
| 6.80 | 40.00 | 76.00 | 80.0 | 4.4 | 18.182 | 5.5 |
| 7.00 | 21.00 | 54.00 | 42.0 | 3.867 | 10.861 | 9.2 |
| 7.20 | 39.00 | 68.00 | 78.0 | 5.067 | 15.394 | 6.5 |
| 7.40 | 43.00 | 81.00 | 86.0 | 5.6 | 15.357 | 6.5 |
| 7.60 | 40.00 | 82.00 | 80.0 | 4.933 | 16.217 | 6.2 |
| 7.80 | 45.00 | 82.00 | 90.0 | 4.933 | 18.244 | 5.5 |
| 8.00 | 50.00 | 87.00 | 100.0 | 5.067 | 19.736 | 5.1 |
| 8.20 | 51.00 | 89.00 | 102.0 | 5.2 | 19.615 | 5.1 |
| 8.40 | 42.00 | 81.00 | 84.0 | 4.133 | 20.324 | 4.9 |
| 8.60 | 34.00 | 65.00 | 68.0 | 3.333 | 20.402 | 4.9 |
| 8.80 | 26.00 | 51.00 | 52.0 | 3.333 | 15.602 | 6.4 |
| 9.00 | 27.00 | 52.00 | 54.0 | 3.333 | 16.202 | 6.2 |
| 9.20 | 41.00 | 66.00 | 82.0 | 4.0 | 20.5 | 4.9 |
| 9.40 | 28.00 | 58.00 | 56.0 | 3.333 | 16.802 | 6.0 |
| 9.60 | 19.00 | 44.00 | 38.0 | 2.667 | 14.248 | 7.0 |
| 9.80 | 25.00 | 45.00 | 50.0 | 2.8 | 17.857 | 5.6 |
| 10.00 | 27.00 | 48.00 | 54.0 | 0.0 | | 0.0 |

| Prof. Strato (m) | qc Media (Kg/cm ²) | fs Media (Kg/cm ²) | Gamma Medio (t/m ³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|
| 0.60 | 14.667 | 2.4 | 1.31 | Coesivo | Terreno pedologico |
| 3.40 | 19.143 | 1.01 | 1.95 | Coesivo | Limo argilloso |
| 4.80 | 8.286 | 0.648 | 1.74 | Coesivo | Argilla sabbiosa |

| | | | | | |
|-------|--------|-------|------|---------|----------------|
| 10.00 | 65.154 | 3.738 | 2.15 | Coesivo | Argilla limosa |
|-------|--------|-------|------|---------|----------------|

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

| | |
|-------|--|
| Nr: | Numero progressivo strato |
| Prof: | Profondità strato (m) |
| Tipo: | C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente |
| Cu: | Coesione non drenata (Kg/cm ²) |
| Eu: | Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²) |
| Mo: | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
| G: | Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²) |
| OCR: | Grado di sovraconsolidazione |
| Puv: | Peso unità di volume (t/m ³) |
| PuvS: | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
| Dr: | Densità relativa (%) |
| Fi: | Angolo di resistenza al taglio (°) |
| Ey: | Modulo di Young (Kg/cm ²) |
| Vs: | Velocità onde di taglio (m/s) |

| Nr. | Prof. | Tipo | Cu | Eu | Mo | G | OCR | Puv | PuvS | Dr | Fi | Ey | Vs |
|-----|-------|------|------|---------|-------|--------|------|------|------|----|----|----|---------|
| 1 | 0.60 | C | 0.49 | 548.54 | 48.43 | 144.47 | >9 | 1.92 | 2.00 | -- | -- | -- | 139.14 |
| 2 | 3.40 | C | 0.94 | 704.68 | 57.43 | 170.01 | >9 | 1.96 | 2.04 | -- | -- | -- | 207.10 |
| 3 | 4.80 | C | 0.38 | 282.74 | 24.86 | 101.92 | 6.18 | 1.81 | 1.89 | -- | -- | -- | 200.68 |
| 4 | 10.00 | C | 3.18 | 2389.75 | 97.73 | 359.32 | >9 | 2.17 | 2.25 | -- | -- | -- | 323.2 2 |

PROVA ...CPT 2

Esecutore: Geol. Eraldo Santarnecki
 Strumento utilizzato: DEEP DRILL
 Prova eseguita in data: 29/03/2019
 Profondità prova: 10.00 mt

| Profondità (m) | Lettura punta (Kg/cm ²) | Lettura laterale (Kg/cm ²) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|----------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.933 | 0.0 | |
| 0.40 | 11.00 | 25.00 | 11.0 | 1.267 | 8.682 | 11.5 |
| 0.60 | 9.00 | 28.00 | 9.0 | 1.2 | 7.5 | 13.3 |
| 0.80 | 13.00 | 31.00 | 13.0 | 1.2 | 10.833 | 9.2 |
| 1.00 | 8.00 | 26.00 | 8.0 | 0.6 | 13.333 | 7.5 |
| 1.20 | 8.00 | 17.00 | 8.0 | 0.4 | 20.0 | 5.0 |
| 1.40 | 7.00 | 13.00 | 7.0 | 0.4 | 17.5 | 5.7 |
| 1.60 | 10.00 | 16.00 | 10.0 | 0.4 | 25.0 | 4.0 |
| 1.80 | 16.00 | 22.00 | 16.0 | 0.733 | 21.828 | 4.6 |
| 2.00 | 9.00 | 20.00 | 9.0 | 0.333 | 27.027 | 3.7 |
| 2.20 | 10.00 | 15.00 | 10.0 | 0.667 | 14.993 | 6.7 |
| 2.40 | 10.00 | 20.00 | 10.0 | 0.533 | 18.762 | 5.3 |
| 2.60 | 8.00 | 16.00 | 8.0 | 0.6 | 13.333 | 7.5 |
| 2.80 | 11.00 | 20.00 | 11.0 | 0.533 | 20.638 | 4.8 |
| 3.00 | 10.00 | 18.00 | 10.0 | 0.4 | 25.0 | 4.0 |
| 3.20 | 12.00 | 18.00 | 12.0 | 0.467 | 25.696 | 3.9 |
| 3.40 | 17.00 | 24.00 | 17.0 | 0.733 | 23.192 | 4.3 |
| 3.60 | 9.00 | 20.00 | 9.0 | 0.333 | 27.027 | 3.7 |
| 3.80 | 11.00 | 16.00 | 11.0 | 0.667 | 16.492 | 6.1 |
| 4.00 | 12.00 | 22.00 | 12.0 | 0.333 | 36.036 | 2.8 |
| 4.20 | 5.00 | 10.00 | 5.0 | 0.2 | 25.0 | 4.0 |
| 4.40 | 3.00 | 6.00 | 3.0 | 0.133 | 22.556 | 4.4 |
| 4.60 | 2.00 | 4.00 | 2.0 | 0.133 | 15.038 | 6.7 |
| 4.80 | 2.00 | 4.00 | 2.0 | 0.133 | 15.038 | 6.7 |
| 5.00 | 3.00 | 5.00 | 3.0 | 0.133 | 22.556 | 4.4 |
| 5.20 | 3.00 | 5.00 | 3.0 | 0.133 | 22.556 | 4.4 |
| 5.40 | 2.00 | 4.00 | 2.0 | 0.4 | 5.0 | 20.0 |
| 5.60 | 12.00 | 18.00 | 12.0 | 0.667 | 17.991 | 5.6 |
| 5.80 | 15.00 | 25.00 | 15.0 | 1.067 | 14.058 | 7.1 |
| 6.00 | 18.00 | 34.00 | 18.0 | 1.2 | 15.0 | 6.7 |
| 6.20 | 25.00 | 43.00 | 25.0 | 1.8 | 13.889 | 7.2 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|--------|-----|
| 6.40 | 25.00 | 52.00 | 25.0 | 1.667 | 14.997 | 6.7 |
| 6.60 | 25.00 | 50.00 | 25.0 | 2.067 | 12.095 | 8.3 |
| 6.80 | 30.00 | 61.00 | 30.0 | 1.867 | 16.069 | 6.2 |
| 7.00 | 40.00 | 68.00 | 40.0 | 2.133 | 18.753 | 5.3 |
| 7.20 | 34.00 | 66.00 | 34.0 | 2.133 | 15.94 | 6.3 |
| 7.40 | 20.00 | 52.00 | 20.0 | 1.8 | 11.111 | 9.0 |
| 7.60 | 38.00 | 65.00 | 38.0 | 2.533 | 15.002 | 6.7 |
| 7.80 | 40.00 | 78.00 | 40.0 | 2.533 | 15.792 | 6.3 |
| 8.00 | 42.00 | 80.00 | 42.0 | 2.4 | 17.5 | 5.7 |
| 8.20 | 40.00 | 76.00 | 40.0 | 2.067 | 19.352 | 5.2 |
| 8.40 | 34.00 | 65.00 | 34.0 | 1.667 | 20.396 | 4.9 |
| 8.60 | 25.00 | 50.00 | 25.0 | 1.667 | 14.997 | 6.7 |
| 8.80 | 25.00 | 50.00 | 25.0 | 1.667 | 14.997 | 6.7 |
| 9.00 | 38.00 | 63.00 | 38.0 | 2.0 | 19.0 | 5.3 |
| 9.20 | 26.00 | 56.00 | 26.0 | 1.667 | 15.597 | 6.4 |
| 9.40 | 19.00 | 44.00 | 19.0 | 1.333 | 14.254 | 7.0 |
| 9.60 | 24.00 | 44.00 | 24.0 | 1.4 | 17.143 | 5.8 |
| 9.80 | 25.00 | 46.00 | 25.0 | 1.4 | 17.857 | 5.6 |
| 10.00 | 27.00 | 48.00 | 27.0 | 0.0 | | 0.0 |

| Prof. Strato (m) | qc Media (Kg/cm ²) | fs Media (Kg/cm ²) | Gamma Medio (t/m ³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|
| 0.60 | 6.667 | 1.133 | 1.23 | Coesivo | Terreno pedologico |
| 4.20 | 10.333 | 0.53 | 1.85 | Coesivo | Limo argilloso |
| 5.80 | 5.25 | 0.35 | 1.63 | Coesivo | Argilla sabbiosa |
| 10.00 | 29.524 | 1.762 | 2.02 | Coesivo | Argilla limosa |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
 Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²)
 Eu: Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
 Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²)
 G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
 OCR: Grado di sovraconsolidazione
 Puv: Peso unità di volume (t/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m³)
 Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm²)
 Vs: Velocità onde di taglio (m/s)

| Nr. | Prof. | Tipo | Cu | Eu | Mo | G | OCR | Puv | PuvS | Dr | Fi | Ey | Vs |
|-----|-------|------|------|---------|-------|--------|------|------|------|----|----|----|--------|
| 1 | 0.60 | C | 0.22 | 248.63 | 34.04 | 89.24 | >9 | 1.79 | 1.87 | -- | -- | -- | 119.43 |
| 2 | 4.20 | C | 0.90 | 372.23 | 51.67 | 116.64 | >9 | 1.86 | 1.94 | -- | -- | -- | 189.59 |
| 3 | 5.80 | C | 0.40 | 164.24 | 31.50 | 77.12 | 2.83 | 1.72 | 1.80 | -- | -- | -- | 189.34 |
| 4 | 10.00 | C | 2.55 | 1053.72 | 59.05 | 221.53 | 8.58 | 2.03 | 2.11 | -- | -- | -- | 280.00 |

PROVA ...CPT 3

Esecutore: Geol. Eraldo Santarneckchi
 Strumento utilizzato: DEEP DRILL
 Prova eseguita in data: 29/03/2019
 Profondità prova: 10.00 mt

| Profondità (m) | Lettura punta (Kg/cm ²) | Lettura laterale (Kg/cm ²) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|----------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.40 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2.267 | 0.0 | |
| 0.60 | 8.00 | 25.00 | 16.0 | 2.267 | 7.058 | 14.2 |
| 0.80 | 13.00 | 30.00 | 26.0 | 2.4 | 10.833 | 9.2 |
| 1.00 | 8.00 | 26.00 | 16.0 | 1.067 | 14.995 | 6.7 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|--------|------|
| 1.20 | 7.00 | 15.00 | 14.0 | 0.8 | 17.5 | 5.7 |
| 1.40 | 8.00 | 14.00 | 16.0 | 0.8 | 20.0 | 5.0 |
| 1.60 | 10.00 | 16.00 | 20.0 | 1.067 | 18.744 | 5.3 |
| 1.80 | 16.00 | 24.00 | 32.0 | 1.333 | 24.006 | 4.2 |
| 2.00 | 10.00 | 20.00 | 20.0 | 0.533 | 37.523 | 2.7 |
| 2.20 | 11.00 | 15.00 | 22.0 | 1.333 | 16.504 | 6.1 |
| 2.40 | 10.00 | 20.00 | 20.0 | 1.2 | 16.667 | 6.0 |
| 2.60 | 6.00 | 15.00 | 12.0 | 1.333 | 9.002 | 11.1 |
| 2.80 | 10.00 | 20.00 | 20.0 | 0.533 | 37.523 | 2.7 |
| 3.00 | 10.00 | 14.00 | 20.0 | 1.333 | 15.004 | 6.7 |
| 3.20 | 12.00 | 22.00 | 24.0 | 1.467 | 16.36 | 6.1 |
| 3.40 | 9.00 | 20.00 | 18.0 | 1.067 | 16.87 | 5.9 |
| 3.60 | 12.00 | 20.00 | 24.0 | 0.667 | 35.982 | 2.8 |
| 3.80 | 5.00 | 10.00 | 10.0 | 0.4 | 25.0 | 4.0 |
| 4.00 | 3.00 | 6.00 | 6.0 | 0.267 | 22.472 | 4.5 |
| 4.20 | 3.00 | 5.00 | 6.0 | 0.267 | 22.472 | 4.5 |
| 4.40 | 3.00 | 5.00 | 6.0 | 0.267 | 22.472 | 4.5 |
| 4.60 | 4.00 | 6.00 | 8.0 | 0.267 | 29.963 | 3.3 |
| 4.80 | 5.00 | 7.00 | 10.0 | 0.267 | 37.453 | 2.7 |
| 5.00 | 4.00 | 6.00 | 8.0 | 0.4 | 20.0 | 5.0 |
| 5.20 | 4.00 | 7.00 | 8.0 | 0.667 | 11.994 | 8.3 |
| 5.40 | 13.00 | 18.00 | 26.0 | 1.333 | 19.505 | 5.1 |
| 5.60 | 15.00 | 25.00 | 30.0 | 2.0 | 15.0 | 6.7 |
| 5.80 | 18.00 | 33.00 | 36.0 | 2.4 | 15.0 | 6.7 |
| 6.00 | 17.00 | 35.00 | 34.0 | 2.0 | 17.0 | 5.9 |
| 6.20 | 20.00 | 35.00 | 40.0 | 2.667 | 14.998 | 6.7 |
| 6.40 | 25.00 | 45.00 | 50.0 | 2.667 | 18.748 | 5.3 |
| 6.60 | 22.00 | 42.00 | 44.0 | 2.667 | 16.498 | 6.1 |
| 6.80 | 28.00 | 48.00 | 56.0 | 2.667 | 20.997 | 4.8 |
| 7.00 | 35.00 | 55.00 | 70.0 | 2.933 | 23.866 | 4.2 |
| 7.20 | 30.00 | 52.00 | 60.0 | 2.133 | 28.129 | 3.6 |
| 7.40 | 34.00 | 50.00 | 68.0 | 3.733 | 18.216 | 5.5 |
| 7.60 | 20.00 | 48.00 | 40.0 | 3.2 | 12.5 | 8.0 |
| 7.80 | 33.00 | 57.00 | 66.0 | 3.6 | 18.333 | 5.5 |
| 8.00 | 36.00 | 63.00 | 72.0 | 2.533 | 28.425 | 3.5 |
| 8.20 | 24.00 | 43.00 | 48.0 | 3.333 | 14.401 | 6.9 |
| 8.40 | 27.00 | 52.00 | 54.0 | 2.667 | 20.247 | 4.9 |
| 8.60 | 25.00 | 45.00 | 50.0 | 2.133 | 23.441 | 4.3 |
| 8.80 | 30.00 | 46.00 | 60.0 | 3.333 | 18.002 | 5.6 |
| 9.00 | 25.00 | 50.00 | 50.0 | 2.933 | 17.047 | 5.9 |
| 9.20 | 18.00 | 40.00 | 36.0 | 2.4 | 15.0 | 6.7 |
| 9.40 | 25.00 | 43.00 | 50.0 | 2.4 | 20.833 | 4.8 |
| 9.60 | 25.00 | 43.00 | 50.0 | 3.733 | 13.394 | 7.5 |
| 9.80 | 20.00 | 48.00 | 40.0 | 2.933 | 13.638 | 7.3 |
| 10.00 | 18.00 | 40.00 | 36.0 | 0.0 | | 0.0 |

| Prof. Strato (m) | qc Media (Kg/cm ²) | fs Media (Kg/cm ²) | Gamma Medio (t/m ³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|
| 0.60 | 5.333 | 1.511 | 1.82 | Coesivo | Terreno pedologico |
| 3.80 | 19.625 | 1.083 | 1.98 | Coesivo | Limo argilloso |
| 5.20 | 5.429 | 0.4 | 1.99 | Coesivo | Argilla sabbiosa |
| 10.00 | 51.667 | 3.228 | 1.99 | Coesivo | Argilla limosa |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

| | |
|-------|--|
| Nr: | Numero progressivo strato |
| Prof: | Profondità strato (m) |
| Tipo: | C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente |
| Cu: | Coesione non drenata (Kg/cm ²) |
| Eu: | Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²) |
| Mo: | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
| G: | Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²) |
| OCR: | Grado di sovraconsolidazione |
| Puv: | Peso unità di volume (t/m ³) |
| PuvS: | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |

Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm²)
 Vs: Velocità onde di taglio (m/s)

| Nr. Prof. | Tipo | Cu | Eu | Mo | G | OCR | Puv | PuvS | Dr | Fi | Ey | Vs |
|-----------|-------|----|------|---------|--------|--------|------|------|------|----|----|------------|
| 1 | 0.60 | C | 0.18 | 197.94 | 28.84 | 77.86 | >9 | 1.75 | 1.83 | -- | -- | -- 122.10 |
| 2 | 3.80 | C | 1.28 | 719.96 | 42.85 | 172.61 | >9 | 1.97 | 2.05 | -- | -- | -- 214.50 |
| 3 | 5.20 | C | 0.35 | 170.51 | 29.24 | 78.72 | 3.20 | 1.72 | 1.80 | -- | -- | -- 190.91 |
| 4 | 10.00 | C | 2.54 | 1881.30 | 103.33 | 311.84 | >9 | 2.13 | 2.21 | -- | -- | -- 312.3 7 |

PROVA ...CPT 4

Esecutore: Geol. Eraldo Santarnecchi
 Strumento utilizzato: DEEP DRILL
 Prova eseguita in data: 29/03/2019
 Profondità prova: 10.00 mt

| Profondità (m) | Lettura punta (Kg/cm ²) | Lettura laterale (Kg/cm ²) | qc (Kg/cm ²) | fs (Kg/cm ²) | qc/fs Begemann | fs/qcx100 (Schmertmann) |
|----------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | | |
| 0.40 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 2.267 | 0.0 | |
| 0.60 | 8.00 | 25.00 | 16.0 | 2.133 | 7.501 | 13.3 |
| 0.80 | 10.00 | 26.00 | 20.0 | 2.267 | 8.822 | 11.3 |
| 1.00 | 8.00 | 25.00 | 16.0 | 1.067 | 14.995 | 6.7 |
| 1.20 | 7.00 | 15.00 | 14.0 | 0.533 | 26.266 | 3.8 |
| 1.40 | 8.00 | 12.00 | 16.0 | 0.667 | 23.988 | 4.2 |
| 1.60 | 10.00 | 15.00 | 20.0 | 0.933 | 21.436 | 4.7 |
| 1.80 | 13.00 | 20.00 | 26.0 | 1.067 | 24.367 | 4.1 |
| 2.00 | 14.00 | 22.00 | 28.0 | 1.467 | 19.087 | 5.2 |
| 2.20 | 10.00 | 21.00 | 20.0 | 0.8 | 25.0 | 4.0 |
| 2.40 | 8.00 | 14.00 | 16.0 | 1.333 | 12.003 | 8.3 |
| 2.60 | 9.00 | 19.00 | 18.0 | 0.933 | 19.293 | 5.2 |
| 2.80 | 8.00 | 15.00 | 16.0 | 1.6 | 10.0 | 10.0 |
| 3.00 | 8.00 | 20.00 | 16.0 | 1.2 | 13.333 | 7.5 |
| 3.20 | 9.00 | 18.00 | 18.0 | 1.333 | 13.503 | 7.4 |
| 3.40 | 13.00 | 23.00 | 26.0 | 1.333 | 19.505 | 5.1 |
| 3.60 | 12.00 | 22.00 | 24.0 | 0.667 | 35.982 | 2.8 |
| 3.80 | 15.00 | 20.00 | 30.0 | 0.667 | 44.978 | 2.2 |
| 4.00 | 5.00 | 10.00 | 10.0 | 0.267 | 37.453 | 2.7 |
| 4.20 | 4.00 | 6.00 | 8.0 | 0.267 | 29.963 | 3.3 |
| 4.40 | 2.00 | 4.00 | 4.0 | 0.267 | 14.981 | 6.7 |
| 4.60 | 4.00 | 6.00 | 8.0 | 0.4 | 20.0 | 5.0 |
| 4.80 | 4.00 | 7.00 | 8.0 | 0.4 | 20.0 | 5.0 |
| 5.00 | 5.00 | 8.00 | 10.0 | 0.4 | 25.0 | 4.0 |
| 5.20 | 4.00 | 7.00 | 8.0 | 0.4 | 20.0 | 5.0 |
| 5.40 | 3.00 | 6.00 | 6.0 | 0.667 | 8.996 | 11.1 |
| 5.60 | 11.00 | 16.00 | 22.0 | 1.2 | 18.333 | 5.5 |
| 5.80 | 15.00 | 24.00 | 30.0 | 1.333 | 22.506 | 4.4 |
| 6.00 | 15.00 | 25.00 | 30.0 | 2.0 | 15.0 | 6.7 |
| 6.20 | 18.00 | 33.00 | 36.0 | 2.4 | 15.0 | 6.7 |
| 6.40 | 17.00 | 35.00 | 34.0 | 2.0 | 17.0 | 5.9 |
| 6.60 | 25.00 | 40.00 | 50.0 | 3.6 | 13.889 | 7.2 |
| 6.80 | 25.00 | 52.00 | 50.0 | 3.333 | 15.002 | 6.7 |
| 7.00 | 30.00 | 55.00 | 60.0 | 3.333 | 18.002 | 5.6 |
| 7.20 | 25.00 | 50.00 | 50.0 | 3.333 | 15.002 | 6.7 |
| 7.40 | 27.00 | 52.00 | 54.0 | 3.067 | 17.607 | 5.7 |
| 7.60 | 32.00 | 55.00 | 64.0 | 2.933 | 21.821 | 4.6 |
| 7.80 | 18.00 | 40.00 | 36.0 | 2.4 | 15.0 | 6.7 |
| 8.00 | 22.00 | 40.00 | 44.0 | 2.667 | 16.498 | 6.1 |
| 8.20 | 25.00 | 45.00 | 50.0 | 2.0 | 25.0 | 4.0 |
| 8.40 | 20.00 | 35.00 | 40.0 | 2.4 | 16.667 | 6.0 |
| 8.60 | 26.00 | 44.00 | 52.0 | 3.6 | 14.444 | 6.9 |
| 8.80 | 25.00 | 52.00 | 50.0 | 3.333 | 15.002 | 6.7 |
| 9.00 | 25.00 | 50.00 | 50.0 | 1.867 | 26.781 | 3.7 |
| 9.20 | 18.00 | 32.00 | 36.0 | 2.267 | 15.88 | 6.3 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|--------|------|
| 9.40 | 16.00 | 33.00 | 32.0 | 4.267 | 7.499 | 13.3 |
| 9.60 | 20.00 | 52.00 | 40.0 | 2.0 | 20.0 | 5.0 |
| 9.80 | 25.00 | 40.00 | 50.0 | 2.933 | 17.047 | 5.9 |
| 10.00 | 20.00 | 42.00 | 40.0 | 0.0 | | 0.0 |

| Prof. Strato (m) | qc Media (Kg/cm ²) | fs Media (Kg/cm ²) | Gamma Medio (t/m ³) | Comp. Geotecnico | Descrizione |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|
| 0.60 | 5.333 | 1.511 | 1.85 | Coesivo | Terreno pedologico |
| 4.00 | 20.824 | 0.996 | 0.00 | Coesivo | Limo argilloso |
| 5.40 | 7.429 | 0.4 | 0.00 | Coesivo | Argilla sabbiosa |
| 10.00 | 43.478 | 2.533 | 0.00 | Coesivo | Argilla limosa |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
 Prof: Profondità strato (m)
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
 Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²)
 Eu: Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm²)
 Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²)
 G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
 OCR: Grado di sovraconsolidazione
 Puv: Peso unità di volume (t/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m³)
 Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm²)
 Vs: Velocità onde di taglio (m/s)

| Nr. | Prof. | Tipo | Cu | Eu | Mo | G | OCR | Puv | PuvS | Dr | Fi | Ey | Vs |
|-----|-------|------|------|---------|-------|--------|-----|------|------|----|----|----|--------|
| 1 | 0.60 | C | 0.18 | 197.91 | 28.84 | 77.86 | >9 | 1.75 | 1.83 | -- | -- | -- | 122.41 |
| 2 | 4.00 | C | 1.04 | 776.74 | 62.47 | 178.98 | >9 | 1.98 | 2.06 | -- | -- | -- | 174.95 |
| 3 | 5.40 | C | 0.37 | 274.42 | 44.57 | 95.34 | >9 | 1.80 | 1.88 | -- | -- | -- | 145.18 |
| 4 | 10.00 | C | 2.17 | 1626.26 | 86.96 | 280.63 | >9 | 2.10 | 2.18 | -- | -- | -- | 199.89 |



ALLEGATO 3

INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR



**GEOGNOSTICA
FIORENTINA SRL**

Geognostica Fiorentina srl

Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)

C.F./P.IVA • 05256260489

Tel. e Fax • 055 720195

E-mail • info@geognosticafiorentina.com

Web • www.geognosticafiorentina.com

COMUNE DI CASCIANA TERME LARI
Provincia di Pisa



Oggetto:

Indagine di sismica passiva mediante
metodologia HVSR

RELAZIONE TECNICA



Località:

Via Sicilia
Casciana Terme Lari (PI)



Committente:

Dott. Geol. Eraldo Santarnecchi

Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine di sismica passiva, eseguita su n. 1 stazione di misura, con metodologia HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio) (Vedi FIGURA 1) in data 10 Luglio 2020, come concordato con la Committenza, in via Sicilia - Comune di Casciana Terme Lari (PI).

Di seguito vengono descritte la metodologia d'indagine, lo schema operativo, la strumentazione utilizzata, le modalità di analisi dei dati, ed infine i risultati ottenuti.



HVSR: metodologia d'indagine

Il metodo *HVSR* (*Horizontal Vertical Spectral Ratio*), è una tecnica di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato

di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito "rumore sismico", "vibrazione ambientale" o "microtremore", costituito da piccole vibrazioni del terreno dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell'anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho r V_r / \rho s V_s$$

Dove ρr è la densità del substrato e ρs del terreno soprastante; V_r la velocità delle onde di taglio del substrato e V_s del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d'impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove: V_s è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di V_s che dà origine ad un picco dell'H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

Schema operativo

In FIGURA 1, è riportato un inquadramento dell'area con ubicato il punto di misura effettuato e la relativa foto. Per l'acquisizione si è adottata la seguente configurazione:

- Acquisizione:

- registrazione: 20 minuti
- frequenza di campionamento: 300 Hz (ricampionato a 64 Hz in fase di elaborazione)

- Elaborazione:

- finestra: 40 secondi
- tapering: 5%
- lisciamento: finestra triangolare (15%)

Strumentazione impiegata

L'acquisizione HVSR è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS Eee PC 1001PX. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 2019 Academy della Eliosoft.

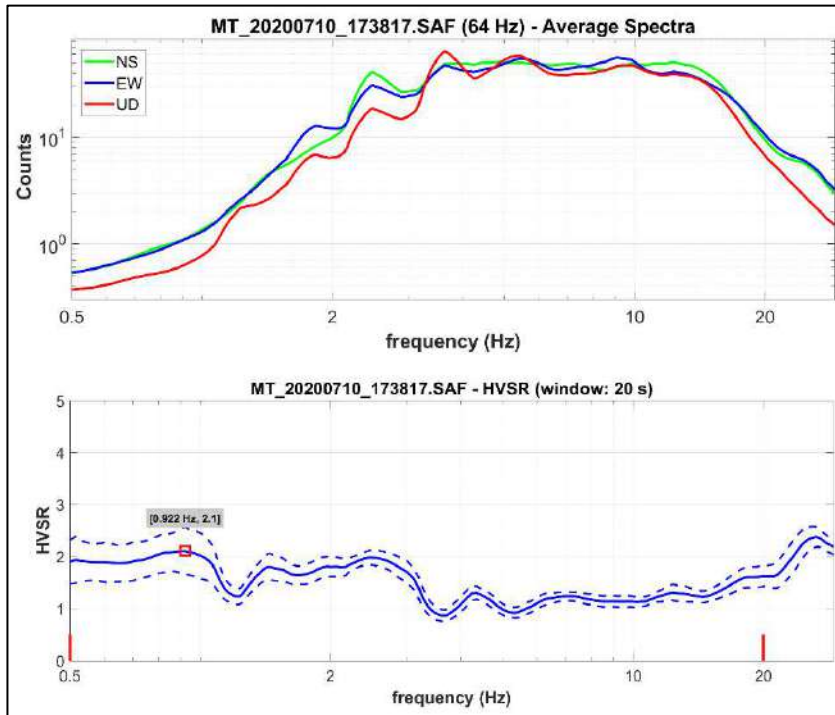
Analisi e risultati dell'indagine

Nell'analisi dei dati HVSR vengono inizialmente individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, e viene poi creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 20 secondi, in parziale sovrapposizione (*Tavola 1*).

Dai risultati ottenuti non risultano evidenti picchi di frequenza statisticamente significativi, si esclude pertanto la presenza di contrasti di impedenza che potrebbero causare effetti di amplificazione sismica per motivi stratigrafici, per lo meno nel range di interesse ingegneristico.

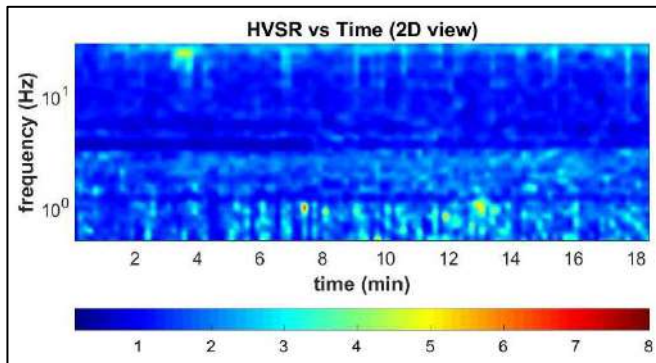
Scandicci, lì 18/07/2020

HVSR

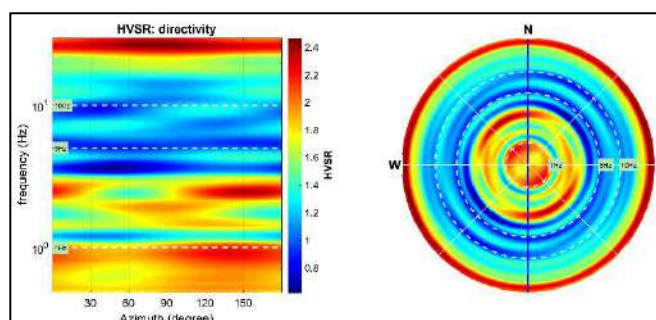


Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)

Rapporto spettrale H/V



Persistenza dell'HVSR



Direttività del segnale

TAVOLA 1